

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Projekt osvetlenia športovej haly
Project of lighting of the sports hall

2020

Bc. Matúš Bližňák

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Matúš Bližňák

Studijní program:

N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma:

Projekt osvětlení sportovní haly
Project of lighting of the sports hall

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je vytvořit projektovou dokumentaci a světelně-technický návrh osvětlení sportovní haly. Jedná se o rekonstrukci osvětlení sportovní haly ve Frýdlantu nad Ostravicí. Student získá praktické zkušenosti v odboru projektování elektrických zařízení a vnitřních osvětlovacích soustav. Naučí se zpracovávat dokumenty a pracovat s informacemi nutnými k vytvoření projektu a zdokonalí svoje schopnosti v projekčních systémech.

1. Změřte a vyhodnoťte stávající osvětlovací soustavu.
2. Proveďte světelně-technický návrh nové osvětlovací soustavy.
3. Vypracujte kompletní projektovou dokumentaci.
4. Zpracujte rozbor jednotlivých možností s odhadem předpokládaných úspor.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Dvořáček, K.: Příručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení. IN-EL, Praha 2018
- [2] Sokanský, K.: Světelná technika. ČVUT, Praha 2011
- [3] Plch, J.: Světelná technika v praxi, IN-EL, Praha 1999
- [4] Habel, J., Dvořáček, K., Dvořáček, V., Žák, P.: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2015
- [5] Manuály k výpočetním programům, normy apod.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne
pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

V Ostrave dňa: 14.5.2020


.....
podpis študenta

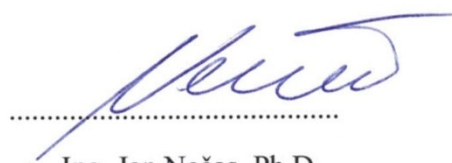
Pod'akovanie

Rád by som poďakoval Ing. Tomášovi Mlčákovi, Ph.D. za odbornú pomoc a konzultácie pri vytváraní tejto diplomovej práce.

Prehlásenie zástupca spolupracujúcej právnickej alebo fyzickej osoby

Súhlasím so zverejnením tejto diplomovej práce vypracovanej p. Bc. Matúšom Bližňákom podľa požiadavkou čl. 26, odst. 9 Študijného a skúškového poriadku pre štúdium v magisterských programoch VŠB - TU Ostrava.

Dňa: 30. marec 2020



Ing. Jan Nečas, Ph.D.

jednatel

Abstrakt

Cieľom tejto diplomovej práce je vypracovať kompletný projekt návrhu osvetlenia a elektroinštalácie športového centra. Kompletná projektová dokumentácia bude obsahovať svetelno-technický návrh, návrh riadenia osvetľovacej sústavy, výkresy s dispozičným umiestnením použitých prvkov, obvodové elektrotechnické schémy inštalácie, 3D usporiadania prvkov v rozvádzači. Práca je takisto zameraná na energetické a ekonomické zhodnotenie projektu.

Kľúčové slová

LED; modbus; návrh osvetľovacej sústavy; návrh projektovej dokumentácie; riadiaci systém

Abstract

The aim of this diploma thesis is to elaborate a complete project of lighting design and electrical installation of a sports center. The complete project documentation will include the lighting design, the design of the lighting system control, drawings with the layout of the used elements, circuit electrical installation diagrams, 3D arrangement of elements in the switchboard. The work is also focused on energy and economic evaluation of the project.

Key words

LED; modbus; lighting system design; project documentation design; control system

Zoznam použitých veličín

Symbol	Jednotka	Veličina
A	m ²	Plocha
E	lx	Osvetlenosť
f	Hz	Frekvencia
I	A	Elektrický prúd
P	W	Činný výkon
R_a	-	Index podania farieb
T_a	K	Náhradná teplota chromatickosti
T_c	K	Teplota chromatickosti
U_0	-	Rovnomernosť osvetlenia
U	V	Napätie
UGR	-	Oslnenie
η	lm/W	Merný výkon
Φ	lm	Svetelný tok

Zoznam použitých skratiek

Skratka	Význam
3D	trojrozmerný priestor
AC	striedavý prúd
ČSN	Česká technická norma
DALI	digitálne adresovateľné rozhranie
DC	jednosmerný prúd
ITF	Medzinárodná tenisová federácia
LED	luminiscenčná dióda
p.a.	za rok
PLC	programovateľný logický automa
SELV	oddelené malé napätie
TN-S	elektrická sieť s uzemneným uzlom zdroja s rozdeleným ochranným a stredným vodičom
WSF	Svetová squashová federácia

Zoznam ilustrácií

<i>Obrázok 1.1:</i>	<i>Znázornenie celkovej plochy (TA) a hlavnej plochy (PA)</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Obrázok 1.2:</i>	<i>Symetrická (vľavo) a asymetrická (vpravo) krivka svietivosti [13]</i>	<i>- 19 -</i>
<i>Obrázok 1.3:</i>	<i>Teplota chromatickosti [3]</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Obrázok 2.1:</i>	<i>Popis častí luminiscenčnej diódy [20]</i>	<i>- 21 -</i>
<i>Obrázok 2.2:</i>	<i>Zapojenie 5 žilového kábla pre svietidlo s komunikáciou DALI [5]</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Obrázok 3.1:</i>	<i>Povrch kurtu(vľavo), tenisový kurt pod nafukovacou halou(vpravo)</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Obrázok 3.2:</i>	<i>Súčasná osvetľovacia sústava tenisového kurtu</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Obrázok 3.3:</i>	<i>Squashové kurty</i>	<i>- 27 -</i>
<i>Obrázok 3.4:</i>	<i>Súčasná osvetľovacia sústava squashových kurtov</i>	<i>- 27 -</i>
<i>Obrázok 3.5:</i>	<i>Bazén</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Obrázok 3.6:</i>	<i>Priebeh merania osvetľovacej sústavy squashových kurtov</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Obrázok 3.7:</i>	<i>Rozmiestnenie meracích bodov na squashovom kurtu</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Obrázok 3.8:</i>	<i>Rozmiestnenie meracích bodov na tenisovom kurtu</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Obrázok 4.1:</i>	<i>Svietidlo MATCH 480 W DALI [10]</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Obrázok 4.2:</i>	<i>Svietidlo FUTURA 2.5ft ES PC Al 16000/840 DALI [14]</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Obrázok 4.3:</i>	<i>Svietidlo LAB 3000 A4 KN 600ND [15]</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Obrázok 4.4:</i>	<i>Vizualizácia tenisového kurtu variant 1 – pôdorys</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Obrázok 4.5:</i>	<i>Vizualizácia tenisového kurtu variant 1 - pohľad spredu</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Obrázok 4.6:</i>	<i>Vizualizácia tenisového kurtu variant 2 - pôdorys</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Obrázok 4.7:</i>	<i>Vizualizácia tenisového kurtu variant 2 - pohľad spredu</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Obrázok 4.8:</i>	<i>Vizualizácia squashových kurtov pôdorys</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Obrázok 4.9:</i>	<i>Vizualizácia squashového kurtu - pohľad spredu</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Obrázok 4.10:</i>	<i>Vizualizácia bazénu pôdorys</i>	<i>- 41 -</i>
<i>Obrázok 4.11:</i>	<i>Vizualizácia bazénu - pohľad spredu</i>	<i>- 42 -</i>
<i>Obrázok 5.1:</i>	<i>Topologická schéma ovládania</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Obrázok 5.2:</i>	<i>Rez uloženia káblov v zemi</i>	<i>- 46 -</i>
<i>Obrázok 5.3:</i>	<i>3D návrh dispozície rovážača</i>	<i>- 47 -</i>
<i>Obrázok 5.4:</i>	<i>3D návrh dispozície ovládacej skrinky</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Obrázok 5.5:</i>	<i>Riadiaci systém AMiNi4W2[16]</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Obrázok 5.6:</i>	<i>Ovládací panel Weintek Mt8071iE [17]</i>	<i>- 49 -</i>
<i>Obrázok 5.7:</i>	<i>Snímač intenzity osvetlenia Regmet P20M [18]</i>	<i>- 50 -</i>
<i>Obrázok 5.8:</i>	<i>Prevodník Modbus RTU/DALI [19]</i>	<i>- 50 -</i>

Zoznam ilustrácií

<i>Tabuľka 1.1:</i>	<i>Špecifické požiadavky pre vnútorné tenisové kurty podľa ITF [2]</i>	<i>- 15 -</i>
<i>Tabuľka 1.2:</i>	<i>Špecifické požiadavky pre squashové kurty podľa ČSN EN 12 193 [1]</i>	<i>- 15 -</i>
<i>Tabuľka 2.1:</i>	<i>Základné príkazy pre riadenie výkonu v komunikácii DALI [9]</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Tabuľka 3.1</i>	<i>namerané hodnoty osvetlenia krajného squasového kurtu</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Tabuľka 3.2:</i>	<i>namerané hodnoty osvetlenia stredného squashového kurtu</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tabuľka 3.3:</i>	<i>namerané hodnoty osvetlenia tenisového kurtu</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Tabuľka 3.4:</i>	<i>Vyhodnotenie merania osvetlenia všetkých priestorov</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Tabuľka 4.1:</i>	<i>Parametre svietidla MATCH 480 W</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Tabuľka 4.2:</i>	<i>Parametre svietidla Futura 16000/840</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Tabuľka 4.3:</i>	<i>Parametre svietidla Modus LAB</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Tabuľka 4.4:</i>	<i>Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt tenis variant 1</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Tabuľka 4.5:</i>	<i>Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt tenis variant 2</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Tabuľka 4.6:</i>	<i>Porovnanie variantov 1 a 2</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Tabuľka 4.7:</i>	<i>Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt squash (všetky kurty rozsvietené)</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Tabuľka 4.8:</i>	<i>Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt squash (rozsvietený jeden kurt)</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Tabuľka 4.9:</i>	<i>Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt bazén</i>	<i>- 41 -</i>
<i>Tabuľka 6.1:</i>	<i>Porovnanie parametrov navrhovanej a súčasnej sústavy tenis</i>	<i>- 51 -</i>
<i>Tabuľka 6.2:</i>	<i>Porovnanie parametrov navrhovanej a súčasnej sústavy tenis</i>	<i>- 51 -</i>
<i>Tabuľka 6.3:</i>	<i>Energetické náklady osvetlenia tenis variant 1</i>	<i>- 52 -</i>
<i>Tabuľka 6.4:</i>	<i>Energetické náklady osvetlenia tenis variant 2</i>	<i>- 52 -</i>
<i>Tabuľka 6.5:</i>	<i>Energetické náklady osvetlenia squash</i>	<i>- 53 -</i>
<i>Tabuľka 6.6:</i>	<i>Rozpočet s variantom 1</i>	<i>- 53 -</i>
<i>Tabuľka 6.7:</i>	<i>Rozpočet s variantom 2</i>	<i>- 53 -</i>
<i>Tabuľka 6.8:</i>	<i>Návratnosť s variantom 1</i>	<i>- 54 -</i>
<i>Tabuľka 6.9:</i>	<i>Návratnosť s variantom 2</i>	<i>- 54 -</i>

Obsah

Úvod.....	- 14 -
1 Normatívne požiadavky a základné pojmy vo svetelnej technike.....	- 15 -
1.1 Požiadavky na osvetlenie športovísk.....	- 15 -
1.2 Parametre svietidiel a svetelných zdrojov	- 18 -
2 Technológie použité v projekte	- 21 -
2.1 Svetelné zdroje	- 21 -
2.2 Komunikačné rozhrania	- 22 -
3 Meranie súčasného stavu.....	- 26 -
3.1 Popis súčasný stavu.....	- 26 -
3.2 Meranie.....	- 28 -
3.2.1 Meranie súčasnej osvetľovacej sústavy squashových kurtov.....	- 30 -
3.2.2 Meranie súčasnej osvetľovacej sústavy tenisového kurtu	- 31 -
4 Svetelne-technický návrh	- 33 -
4.1 Výber svietidiel	- 33 -
4.1.1 Použité svietidlá	- 33 -
4.2 Svetelne-technický návrh pre tenisový kurt variant 1	- 35 -
4.3 Svetelne-technický návrh pre tenisový kurt variant 2	- 36 -
4.4 Porovnanie variantov 1 a 2.....	- 38 -
4.5 Svetelne-technický návrh pre squashový kurt.....	- 38 -
4.6 Svetelne technický návrh pre bazén	- 40 -
5 Projektová dokumentácia	- 43 -
5.1 Silnoprúdová časť.....	- 43 -
5.2 Ovládanie osvetlenia	- 44 -
5.3 Káblové trasy.....	- 45 -
5.4 Rozvádzač	- 46 -
5.5 Použité komponenty.....	- 48 -
6 Zhodnotenie projektu	- 51 -
6.1 Kvalitatívne parametre	- 51 -
6.2 Ekonomické náklady	- 52 -
6.2.1 Rozpočet.....	- 53 -
6.3 Návratnosť.....	- 53 -

7	Záver	- 55 -
	Zoznam použitej literatúry	- 56 -
	Zoznam príloh	- 58 -

Úvod

Táto diplomová práca sa zaoberá návrhom rekonštrukcie športového centra. Osvetlenie výrazne ovplyvňuje výkon športovca. Ak je zle navrhnuté osvetlenie, športovec sa necíti komfortne a tak nepodáva optimálne výkony a nenaplnuje tak svoj potenciál. Keďže som mal za úlohu navrhnuť osvetlenie pre odlišné športoviská, najskôr som si musel naštudovať rôzne svietidlá. Pri výbere svietidiel som musel dbať na to, aby športovci mali pri tréningu či zápase najideálnejšie podmienky. Rozhodol som sa pre svietidlá s LED svetelnými zdrojmi, pretože ich cena sa neustále znižuje a blíži sa k cene ostatných svetelných zdrojov. Jednou z nevýhod LED svietidiel je vysoké oslnenie. Je to spôsobené tým, že LED diódy vyžarujú veľký svetelný tok na malú plochu. Cieľom diplomovej je navrhnuť rekonštrukciu osvetlenia vo športovo relaxačnom centre Kotelna vo Frýdlante nad Ostravicí. Diplomová práca je rozdelená do šiestich kapitol.

Prvá kapitola sa zaoberá normatívnymi požiadavkami a popisom kvalitatívnych kritérií pre návrh osvetlenia.

Druhá kapitola je zameraná na popis použitých technológií, ktoré som používal pri vypracovávaní projektovej dokumentácie. Popisujem komunikačné protokoly, ktoré som využil na komunikáciu vstupných a výstupných zariadení pre riadiaci systém.

Tretia kapitola analyzuje stav súčasných osvetľovacích sústav. Vypracoval som protokol z merania a vyhodnotil som či súčasná osvetľovacia sústava normatívnym požiadavkám.

Štvrtá kapitola popisuje svetelno-technické návrhy pre jednotlivé priestory. Návrhy rátajú s pravidelnou údržbou. V tejto kapitole sú pre tenisový kurt vypracované dva varianty a potom sú porovnané v prehľadnej tabuľke, tak aby si investor jednoducho vedel zvoliť variant. Ďalej je vypracovaný svetelno-technický návrh pre squashové kurty a pre priestor s bazénom.

V piatej kapitole je popísaný projekt elektroinštalácie pre osvetľovacie sústavy. Projekt zahŕňa popis a dispozície káblových trás, situáciu objektu, rozpočet a viacpólovú schému zapojenia rozvádzača s 3D dispozíciou rozmiestnenia komponentov. V projekte je detailne popísané ovládanie osvetlenia.

V šiestej kapitole je zhodnotený projekt z hľadiska energetického a ekonomického. Z týchto dvoch aspektov som zrátal návratnosť investície, s tým že sa počas vyrátanej doby návratnosti nebude meniť cena elektrickej energie.

1 Normatívne požiadavky a základné pojmy vo svetelnej technike

1.1 Požiadavky na osvetlenie športovísk

Požiadavky na osvetlenie športovísk pre druhy športov, ktoré sú v Európe najčastejšie, sú uvedené v norme pre osvetľovanie športovísk (ČSN EN 12 193). V norme sú športy rozdelené podľa požiadaviek do 28 tabuliek, pričom tabuľky A1 až A12 sa vzťahujú na osvetlenie vnútorných športovísk. Významnejšie medzinárodné asociácie, ako sú napríklad Medzinárodná tenisová federácia (ITF), Svetové federácia squashu (WSF) a ďalšie, majú svoje predpisy, ktorých súčasťou sú aj požiadavky na osvetlenie, predpisujúce hladiny osvetlenosti, rovnomernosť osvetlenia, obmedzenie rušivého svetla a zábranu oslnenia.

Požiadavky športov, rozhodcov a divákov sú špecifikované spoločne v závislosti na druhu športu. Svetelne technické parametre sú priradené podľa tzv. tried osvetlenia, ktorá sa stanovuje podľa úrovne súťaže, pozorovacej vzdialenosti a prítomnosti divákov. V závislosti na týchto parametroch sa rozlišujú tri triedy osvetlenia, pre ktoré sú pre každý šport predpísané svetelne technické parametre:

Trieda osvetlenia I – súťaže na najvyššej úrovni (medzinárodná a národná), veľká návštevnosť divákov, veľké pozorovacie vzdialenosti, nácvik s najvyššou úrovňou.

Trieda osvetlenia II – súťaže na strednej úrovni (krajské, miestne klubové), stredne veľká návštevnosť divákov, stredné pozorovacie vzdialenosti, nácvik s vysokou úrovňou.

Trieda osvetlenia III – súťaže na nízkej úrovni (miestne, malé kluby), bez divákov, bežný nácvik, telesná výchova a rekreačný pohyb [1].

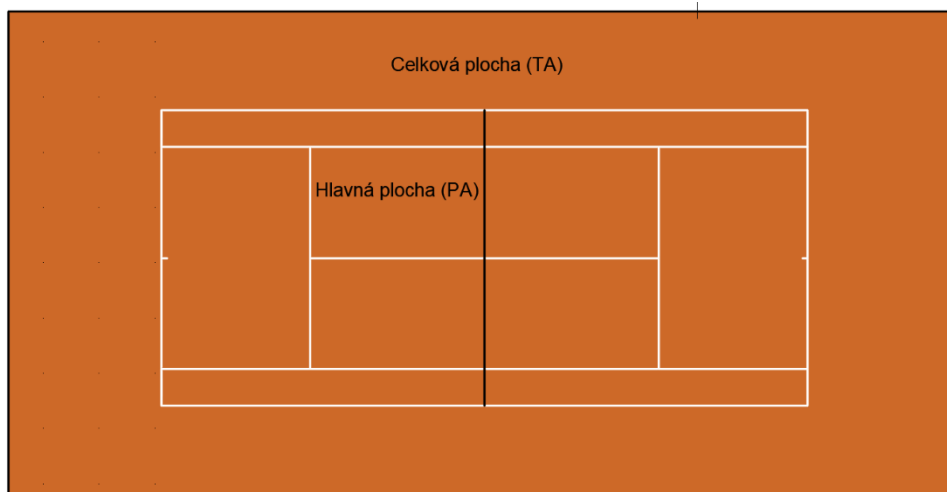
Tabuľka 1.1: Špecifické požiadavky pre vnútorné tenisové kurty podľa ITF [2]

Špecifické požiadavky pre vnútorné tenisové kurty					
	Vodorovná osvetlenosť	Rovnomernosť	Oslnenie	Náhradná teplota chromatickosti svietidla	Index podania farieb
	E_{av} (lux)	E_{min}/E_{av}	UGR(-)	$T_a(K)$	$R_a(-)$
Trieda I	>750	>0,7	>22	>4000	>80
Trieda II	>500	>0,7	>22	>4000	>65
Trieda III	>300	>0,5	>22	>2000	>20

Tabuľka 1.2: Špecifické požiadavky pre squashové kurty podľa ČSN EN 12 193 [1]

Špecifické požiadavky pre vnútorné squashové kurty					
	Vodorovná osvetlenosť	Rovnomernosť	Oslnenie	Náhradná teplota chromatickosti svietidla	Index podania farieb
	E_{av} (lux)	E_{min}/E_{av}	UGR (-)	$T_a(K)$	$R_a(-)$
Trieda I	>750	>0,7	>22	>3500	>60
Trieda II	>500	>0,7	>22	>3500	>60
Trieda III	>300	>0,7	>22	>3500	>20

V norme pre osvetľovanie športovísk sú zavedené termíny súvisiace s geometrickými rozmermi športovísk. Hlavná plocha (PA) zahŕňa skutočnú plochu potrebnú pre danú činnosť, celková plocha (TA) zahŕňa vedľa hlavnej plochy ešte plochu bezpečnostnú, umiestnenú mimo hlavnej plochy. Plocha, ktorá vymedzuje dané športovisko, zaberá u divákov a športovcov podstatnú časť zorného poľa. Má teda významný vplyv na stav adaptácie ľudského oka. Pre vlastné športové činnosti je pre všetky športy v tabuľkách stanovená hodnota udržiavanej osvetlenosti na hlavnej ploche v úrovni povrchu športoviska. Súčasťou tabuliek sú rozmery hlavnej plochy, pre ktorú sa uvedené osvetlenosti navrhujú [1].



Obrázok 1.1: Znáznornenie celkovej plochy (TA) a hlavnej plochy (PA)

Sieť bodov porovnávacej plochy

Pre overenie úrovne osvetlenia, ktorú poskytuje osvetľovacia sústava vyžaduje, aby bolo vypracované meranie osvetlenia. V tom prípade je vhodné definovať konkrétnu sieť bodov pre meranie, aby mali projektant aj zákazník spoločný základ pre uskutočnenie výpočtu osvetlenia. Tieto siete sú všeobecne pravouhlé. Porovnávacia úroveň siete je všeobecne povrch pre vyhodnocovanie vodorovnej osvetlenosti alebo 1 m nad ním, pokiaľ nie je dohodnuté inak. Pre tenisový kurt predpisuje norma sieť bodov 15 x 7. Pre squashový kurt to je sieť s počtom bodov 9 x 7 [3].

Osvetlenie vnútorných priestorov

Pri návrhu svetelne-technických parametrov osvetlenia sa vychádza z dvoch základných kritérií. Týmito kritériami sú:

- Zraková pohoda
- Zrakový výkon

Zraková pohoda sa uprednostňuje v oddychových a spoločenských priestoroch, pretože zahŕňa aj psychologické hľadiská a je tak viac zaťažená subjektívnymi pocitmi užívateľov.

Zrakový výkon sa uprednostňuje v pracovných priestoroch, pretože je špecifikovaný fyziologickými hľadiskami zrakového orgánu a pre jasne definovanú činnosť.

Ďalej je nutné brať ohľad na mnoho parametrov, ktoré ovplyvňujú vnímanie svetla ľudským okom, ako sú napríklad jas (L), index podania farieb (R_a), náhradná teplota chromatickosti (T_a). Nesprávna osvetľovacia sústava spôsobuje poruchy zraku a môže sa prejaviť až po niekoľkých rokoch

pôsobenia pri dlhodobom pobyte. Človek vníma väčšinu dejov zrakom. Z toho je zrejmé, že zle navrhnuté osvetlenie ovplyvňuje chybnosť pracovníkom alebo v našom prípade športovcov a únavu v danom priestore [4].

Normálová osvetlenosť

Osvetlenosť (intenzita osvetlenia) sa vyjadruje ako E – podiel svetelného toku Φ dopadajúceho na základnú plochu A .

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (1)$$

Jednotka osvetlenosti v sústave SI je Lux; lx. Je to osvetlenosť, ktorá zodpovedá svetelnému toku 1 lumen rovnomerne rozloženému na ploche 1 štvorcového metra.

Osvetlenosť v priestore má závažný vplyv na to, ako rýchlo, pohodlne a bezpečne človek vníma a uskutočňuje zrakovú úlohu. Inakšiu hodnotu osvetlenosti určuje norma v priestoroch ako sú kancelárie a iné na chodbe.

V normách sa udáva výška porovnávacej roviny pri svetelne technickom výpočte je zvyčajne 0,85 m nad povrchom, pokiaľ nie je na základe funkcie priestoru určená iná výška. Norma pre osvetľovanie športovísk určuje pre tenis a squash výšku referenčnej porovnávacej roviny na 0 m, čiže výpočtové body sú umiestnené priamo na podlahe [4].

Tabuľka 1.3: *Typické hodnoty osvetlenia vybraných priestorov* [4]

Priestor	hodnota osvetlenia	Priestor	hodnota osvetlenia
jasný slnečný deň	100 000 lx	osvetlenie ulice	10 lx
zamračené počasie v lete	20 000 lx	sviečka	0,8 lx
operačná sála	10 000 lx	mesačný svit	0,25 lx
osvetlenie v TV štúdiu	1 000 lx	jasná hviezdna obloha	0,001 lx
osvetlenie kancelárie	500 lx	zamračená nočná obloha	0,0001 lx

Oslnenie

Ak sa vyskytujú v zornom poli oka príliš veľké jasy alebo ich rozdiely, poprípade ak vzniknú veľké priestorové alebo časové kontrasty jasov, ktoré výrazne prekračujú medze adaptability oka, vzniká oslnenie. Oslnenie sa delí na:

- oslnenie priame – spôsobené nadmerným jasom svietiacich častí svietidiel alebo hlavných povrchov priestorov,
- oslnenie odrazom – spôsobené odrazmi svietiacich plôch na lesklých častiach pozorovaných predmetov a ich bezprostrednom okolí,
- prechodové oslnenie – dochádza pri náhlej zmene adaptačného jas, ktorej sa nestačí zrakové ústrojenstvo dostatočne rýchlo prispôbiť,
- oslnenie závojové – vzniká pred pozorovaným pozadím prostredia s vyšším jasom, napríklad pri pozorovaní cez svetelnú záclonu.

Hodnotiaci systém *UGR* pre vnútorné osvetľovacie systémy je podrobnejšie opísaný v odporúčaní medzinárodnej osvetľovacej komisie CIE 117: 1995. V normách sú pri jednotlivých aplikáciách stanovené hraničné hodnoty činiteľa oslnenia *UGR*. Tie sa musia vyberať z menovitého radu

UGR, ktorý je 10-13-16-19-22-25-28. Tieto hodnoty predstavujú najmenšie pozorovateľné rozdiely v oslnení medzi jednotlivými stupňami v menovitom rade *UGR*.

Rušivé oslnenie – činiteľ oslnenia priamo od svietidiel osvetľovacej sústavy vnútorného priestoru musí byť stanovené jednotným systémom hodnotenia oslnenia tabuľkovou metódou CIE (*UGR*) podľa vzorca:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (2)$$

Pri svetelne-technickom návrhu sa určuje výška vyhodnocovacej roviny pre výpočet oslnenia *UGR* podľa výšky očí pozorovateľa pri vykonávaní danej práce. Pre sediaceho človeka, napríklad v kancelárii sa určuje výška očí priemerného človeka na 1,2-1,5 m a výška priemerného stojaceho človeka 1,5-1,8 m [5].

Rovnomernosť

Určuje sa na porovnávacej rovine v mieste úlohy ako pomer najmenšej a priemernej osvetlenosti. Vypočíta sa vzorcom:

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{av}} \quad (3)$$

Pri celkovom osvetlení sa stanoví priemerná hodnota v celej miestnosti, najmenšia hodnota sa stanoví v mieste, kde sa nachádzajú najmenej osvetlené predmety hlavnej zrakovej činnosti [6].

Udržiavací činiteľ

Plánovanie údržby je dôležité, ak majú byť zachované pôvodne navrhované parametre osvetlenosti behom životnosti osvetľovacej sústavy. Z toho dôvodu sa očakáva, že intervaly výmeny svetelných zdrojov a čistenia budú predstavovať súčasť návrhu osvetlenia pre danú plochu. Udržiavací činiteľ (*MF* – maintenance factor) je závislý na plánovanom programe údržby. Jeho hodnota býva v rozmedzí 0,5 – 0,8. Udržiavací činiteľ sa skladá z týchto zložiek:

- činiteľ poklesu svetelného toku zdrojov (*LLMF*),
- činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov (*LSF*) (tiež ako mortalita, predčasné zlyhanie),
- činiteľ znečistenia svietidiel (*LMF*),
- činiteľ starnutia materiálov svietidiel (*LMF*),
- činiteľ znečistenia povrchov miestnosti (*RSMF*).

Celkový udržiavací činiteľ je násobkom jednotlivých zložiek [7] :

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF \quad (4)$$

1.2 Parametre svietidiel a svetelných zdrojov

Merný svetelný výkon

Pri elektrických svetelných zdrojoch overujeme aká je úroveň premeny elektrickej energie na svetelnú energiu. Merný výkon je daný podielom svetelného toku Φ a elektrického príkonu P . Merný výkon tak určuje, akú hodnotu svetelného toku je možné získať z jedného wattu. Je však nutné dať pozor pri výpočte zdrojov svetla, ktoré majú predradník, ako sú žiarivky, výbojky alebo LED. Zatiaľ čo pri

zdrojoch bez predradníku (klasické žiarovky) je udávaný výkon zhodný s príkonom svetelného zdroja. Pri svetelných zdrojoch s predradníkom je nutné definovať merný príkon. Ten je rovný mernému výkonu zväčšenému o výkon spotrebovaný predradníkom [3].

Index podania farieb

Index podania farieb R_a (CRI - color rendering index) predstavuje hodnotenie vernosti farebného vnemu, ktorý vznikne osvetlením z nejakého zdroja, v porovnaní s tým, aký farebný vnem by vznikol vo svetle slnka. Hodnota R_a môže byť od 0 do 100. Je to percentuálne vyjadrenie podielu vlnových dĺžok slnečného svetla v umelom osvetlení [4].

Konštrukčné časti svietidla

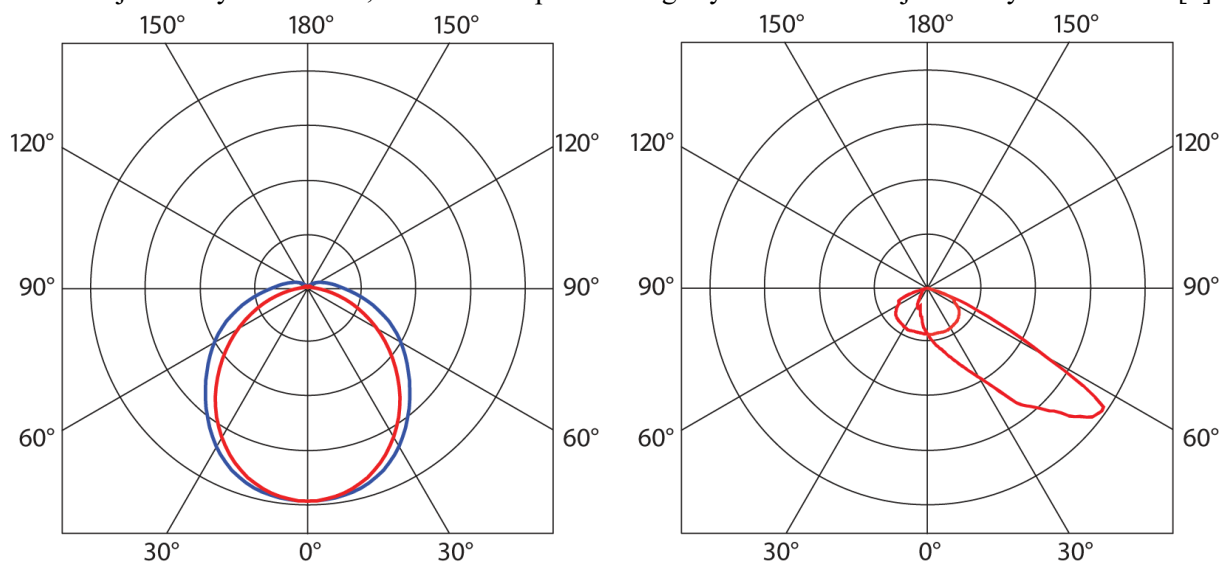
Reflektor - odráža svetlo zo smerov do ktorých svietidlo nemá svietiť a smeruje ich do požadovaného smeru pomocou odrazu (reflexie). Býva tvorený vyleštenou kovovou alebo pokovovanou plochou. Niekedy len čisto bielou plochou. Pri pohľade na svietidlo je reflektor pre diváka za svetelným zdrojom.

Refraktor - usmerňuje a rozptyľuje svetlo zdroja do požadovaných smerov a znižuje jas zdroja na prijateľné hodnoty. Využíva jav refrakcie – lomu svetla.

Difúzor - rozptyľuje svetlo tak, aby svietidlá pôsobili ako plošný zdroj svetla. Využíva sa difúzia- rozptyl svetla. Spravidla je difúzor konštruovaný ako kryt z opálového skla alebo plastu. Úplne zakrýva svetelné zdroje a často má za úlohu tiež chrániť svetelný zdroj pred mechanickým poškodením, znečistením a vlhkosťou [6].

Krivka svietivosti

Svietivosť predstavuje veľkosť svetelného toku ϕ vyžiareného do daného orientovaného priestorového uhlu Ω . Ak je tento uhol veľmi malý, hovoríme o svietivosti v danom smere. Pre svietidlá sa udávajú krivky svietivosti, čo sú inak povedané grafy svietivosti v jednotlivých smeroch [3].



Obrázok 1.2: Symetrická (vľavo) a asymetrická (vpravo) krivka svietivosti [13]

Teplota chromatickosti

Teplota chromatickosti T_c je opísaná čiarou teplotného žiaríča, ktorá zodpovedá žiareniu absolútne čierneho telesa pri rôznych teplotách. Jednotkou teploty chromatickosti sú kelviny (K). Používame ju k popisu farebných vlastností svetla. Pri tepelných zdrojoch odpovedá teplote vlákna. Pri svetelných zdrojoch, ktorých spektrálna krivka má veľa prudkých zmien a nezodpovedá spektrálnemu zloženiu teplotných žiaríčov, sa k približnému popisu farby využíva tzv. náhradná teplota chromatickosti T_a . Teplotu chromatickosti je možné priradiť svetlu, ktoré vyjadruje buď chromatickosť umelého zdroja alebo denného svetla [3].



Obrázok 1.3: Teplota chromatickosti [3]

Spôsob montáže

Prisadené svietidlo – montuje sa priamo na povrch steny, stropu, podhl'adu.

Vstavané svietidlo – montuje sa do dutiny v podhl'ade alebo stene.

Na výložníku – na nosnej konštrukcii, ktorá nesie svietidlo nad osvetľovaným priestorom. Výložník umožňuje umiestniť svietidlo v potrebnej vodorovnej vzdialenosti od zvislého stožiaru, stĺpu alebo steny [6].

Ochrana proti vniknutiu cudzích telies, prachu a vlhkosti

Dôležitou vlastnosťou svietidla je stupeň krytia. Vyjadruje sa značkou IP a dvojčíferným číslom. Prvé číslo je z rozsahu 0 až 6 a vyjadruje stupeň ochrany pred vniknutím cudzích predmetov a pred dotykom. Druhé číslo je z rozsahu 0 až 9 a vyjadruje stupeň ochrany pred vniknutím vody. Viacej je toto krytie popísané v norme ČSN EN 60529. Niektoré typické stupne krytia pri svietidlách:

IP20 – svietidlo s ochranou proti nebezpečnému dotyku (interiérové svietidlá),

IP43 – minimálne krytie svietidiel používaných pre vonkajšie priestory,

IP54 – čiastočne prachotesné svietidlo pre špinavé priemyslové priestory,

IP65 – úplne prachotesné svietidlo, použité vo verejnom osvetlení [3].

Ochrana proti mechanickému poškodeniu

Číslo za indexom IK značí pri svietidle jeho odolnosť proti mechanickému poškodeniu, ktorá je daná minimálna nárazovou energiou, ktorou svietidlo bez funkčného poškodenia vydrží. Niektoré typické stupne ochrany:

IK00 – na svietidle bez označenia – väčšina svietidiel,

IK04 – so spevneným optickým systémom,

IK07 – zosilnený materiál svietidla,

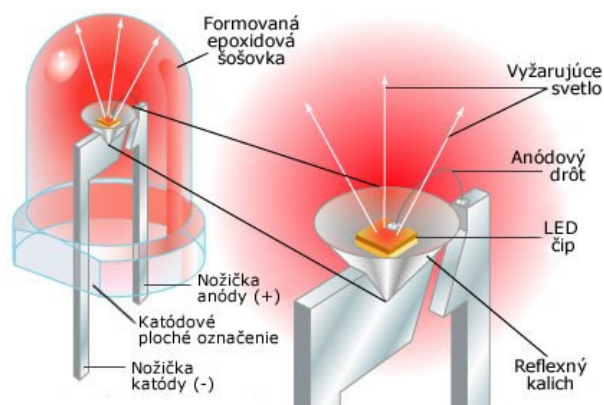
IK10 – prevedenie svietidla odolné vandalizmu [3].

2 Technológie použité v projekte

2.1 Svetelné zdroje

Svetelné zdroje s LED diódami

Luminiscenčná dióda alebo svetelná dióda (anglicky light-emitting diode), laserové diódy a elektroluminiscenčné panely patria do skupiny elektro-luminiscenčných svetelných zdrojov. Svetelné a laserové diódy sú polovodičové súčiastky, ktoré vyžarujú úzkospektrálne svetlo, keď nimi prechádza elektrický prúd v priepustnom smere. Prvú prakticky použiteľnú LED diódu vyvinul v roku 1962 kanadský vedec Nick Holonyak.



Obrázok 2.1: Popis častí luminiscenčnej diódy [20]

Svetelné zdroje s LED diódami v posledných rokoch sprevádza veľmi rýchly rozvoj. Od doby ich uvedenia na trh sú sústavne vyvíjané nové materiály, zdokonaľujú sa technologické procesy, čo viedlo k postupnému rozšíreniu sortimentu o ďalšie farby, zvýšenie merného výkonu, predĺženie života a zlepšenie ďalších svetelne technických parametrov. Svetelné zdroje využívajúce LED v súčasnosti patria medzi najvyužívanejšie svetelné zdroje. V dnešnej dobe ich má v portfóliu každá firma, ktorá sa zaoberá osvetľovacou technikou. Je to dané vysokým merným svetelným výkonom, veľkou variabilitou farebných kombinácií bez nutnosti použitia farebného filtra, tým že časté spínanie neovplyvňuje životnosť LED svietidiel a veľkou životnosťou cca 50 000 h a viac. V projekte sú použité svietidlá s merným svetelným výkonom 135 lm/W (MATCH) respektíve 150 lm/W (FUTURA ES). Konštrukcia svetelnej diódy je zobrazená na obrázku č.2.1 [5].

Prevádzkové parametre :

- vysoko spoľahlivé,
- extrémne dlhý život – 50 tisíc hodín až 100 tisíc hodín, pri úbytku svetelného toku 30 % ÷ 40 % (táto podmienka závisí hlavne na teplotných podmienkach),
- servisné náklady (údržba) nižšie v porovnaní s klasickými zdrojmi,
- široký interval pracovnej teploty okolia -30 °C až 75 °C,
- mechanicky odolná konštrukcia – bez vážnejších následkov znášajú otrasy a vibrácie,

LED zdroje v súčasnosti nahradili väčšinu svetelných zdrojov ako sú obyčajné žiarovky, žiarivky, svetelné trubice, halogénové žiarovky, výbojky apod. LED svietidlá sa používajú takisto vo vnútornom aj vonkajšom osvetlení. LED svetelné zdroje sa využívajú v moderných svetlometoch

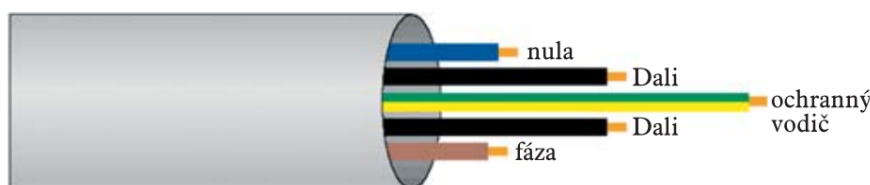
automobilov všetkých popredných značiek. LED svietidlá sa používajú naprieč všetkými odvetvami [5].

2.2 Komunikačné rozhrania

DALI

DALI je skratkou pre anglické Digital Addressable Lighting Interface (v presnom preklade “digitálne adresovateľné osvetľovacie rozhranie”). Jedná sa o protokol, v ktorom jednotlivé zariadenia DALI komunikujú medzi sebou (podlieha norme IEC 62386.). Výhodou je obojsmerná komunikácia, kedy je možné riadiť celé okruhy alebo jednotlivé svietidlá zvlášť, mať prehľad o stave jednotlivých predradných zariadení a svetelných zdrojov. Chytré riadiace systémy teda zastávajú funkciu podpory vzdialenej správy. Zodpovedný technik tak získava informácie o poruche ihneď a môže zaistiť opravu, skôr ako poruchu zaregistruje zákazník.

Riadenie svietidiel je realizované prostredníctvom jedného okruhu (dvojlinka). Do okruhu je možné zapojiť až 64 zariadení. Skupiny jednotlivých svietidiel nie je bezpodmienečne nutné plánovať pred realizáciou osvetlenia, ale je možné ju ľahko nastaviť aj neskôr. Riadiaci okruh je oddelený od napájacích okruhov. Pri zapájaní riadiaceho okruhu nie je potrebné dodržiavať polarizáciu a navyše je možné ho viesť spoločne so silovými vodičmi v jednom kábli, napríklad pomocou CYKY-J 5x1,5. Skupiny, ktoré si užívateľ vytvorí pre riadenie sa môžu kedykoľvek zmeniť. Pomocou DALI môžeme nastaviť že sa jednotlivé svietidlá môžu rozsvietiť s rôznou intenzitou. Ak sú v systéme použité rôzne typy svetelných zdrojov alebo svietidlá majú rôznu intenzitu pri zapnutí, rozhranie DALI dokáže zaistiť, aby všetky svietidlá prešli z jednej scény do druhej súčasne. Všetky svetelné zdroje môžu dosiahnuť nové hodnoty intenzity svetla v rovnakom okamihu [8].



**Všetko čo je potrebné pre DALI a silové napájanie
je klasický päťžilový kábel**

Obrázok 2.2: Zapojenie 5 žilového kábla pre svietidlo s komunikáciou DALI [5]

Parametre DALI

- maximálna dĺžka vedenia: 300 m (NYM 5x1,5m²),
- maximálny povolený úbytok napätia: 2 V,
- povolený rozsah napätí: -6,5 až +22,5 V,
- maximálny prúd DALI zbernice: 250 mA,
- maximálny kľudový odber jedného prvku: 2 mA,
- maximálny počet ovládaných/ovládacích prvkov: 64,
- maximálny počet scén: 16,
- maximálny počet skupín: 16,

- kódovanie: Manchester,
- prenosová rýchlosť: 1200 b/s +/-10 %,
- dĺžka bloku: 833 μ s (1/1200 s) +/-10 %,
- napätie L úrovne: 0V (nominálne) max 6,5 V,
- napätie H úrovne: 16V (nominálne) min 9,5 V,
- kľudový stav: H [8].

Tabuľka 2.1: Základné príkazy pre riadenie výkonu v komunikácii DALI [9]

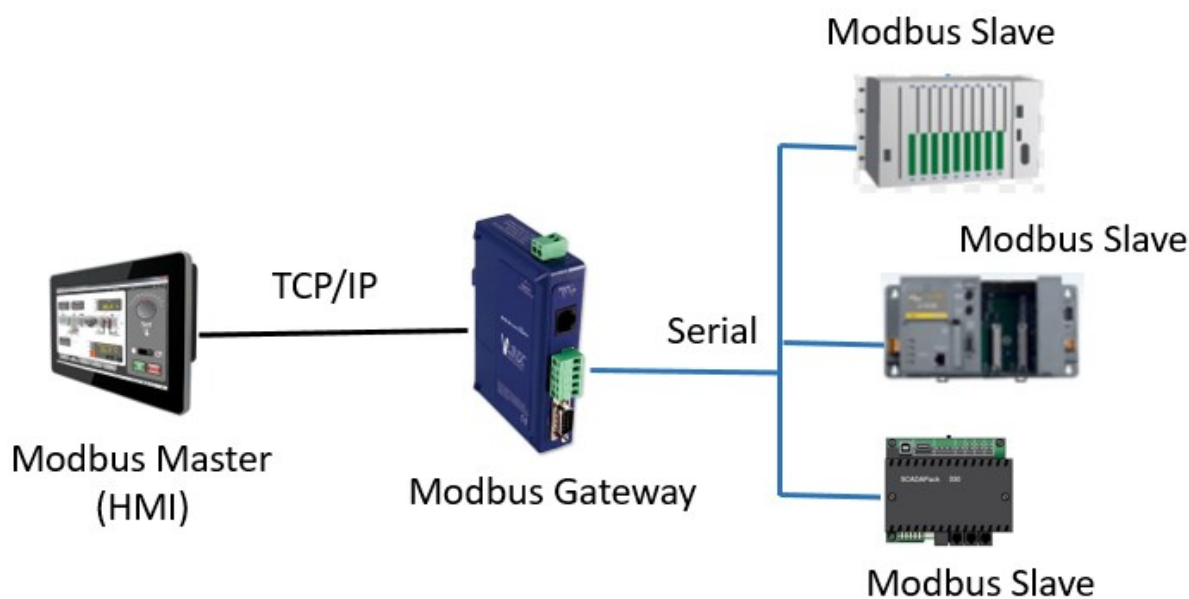
DEC	HEX	BIN sekvencia	názov	popis
0	00	0aaaaaa1 00000000	Off	Okamžité vypnutie svetla do stavu OFF
1	01	0aaaaaa1 00000001	Up	Počas doby 200 ms zvyšuje jas rýchlosťou nastavenou vo FadeRate. Zastaví sa naneskôr na MaxLevel. Nedokáže svetlo zapnúť pokiaľ je v stve OFF.
2	02	0aaaaaa1 00000010	Down	Počas doby 200 ms znižuje jas rýchlosťou nastavenou vo FadeRate. Zastaví sa najneskôr na MinLevel. Nedokáže svetlo vypnúť do stavu OFF.
3	03	0aaaaaa1 00000011	StepUp	Zvýšenie jasu o jeden krok. Ak bol dosiahnutý MaxLeve, nereaguje. Nedokáže svetlo zapnúť ak je v stave OFF.
4	04	0aaaaaa1 00000100	StepDown	Zníženie jasou o jedek krok. A bol dosiahnutý MinLevel, nereaguje. Nedokáže svetlo vypnúť do stavu OFF.
5	05	0aaaaaa1 00000101	RecallMaxLevel	Okamžitý prechod na uložený MaxLevel. Môže vyvolať zapnutie do stavu ON.
6	06	0aaaaaa1 00000110	RecallMinLevel	Okamžitý prechod na uložený MinLevel. Môže vyvolať zapnutie do stavu ON.
7	07	0aaaaaa1 00000111	StepDownAndOff	Zníženie jasu o jeden krok. Ak sa tým dostane pod MinLevel, vypne svetlo do stavu OFF.
8	08	0aaaaaa1 00001000	OnAndStepUp	Zvýšenie jasu o jeden krok, Ak je svetlo vypnuté, bude zapnuté a prejde na úroveň MinLevel.
9	09	0aaaaaa1 00001001	AnableDAPCsequence	Povoliť sekvenciu DAPC (Direct Arc Power Control). Nasledujúce priame riadenie výkonu bude so skrátenými prechodmi. Sekvencia sa preručí, ak po dobu 200 ms nepríde príkaz pre priame riadenie výkonu.
10	0A	0aaaaaa1 00001010	GoToLastActiveLevel	Prejde na poslednú úroveň jasu. (DALI-2)
16+s	1s	0aaaaaa1 0001ssss	GoToScene	Nastaví jas podľa špecifikovanej uloženej scény. Ak nie je pod daným číslom uložená, jas sa nezmení.

Riadenie osvetlenia v projekte bude riešené pomocou DALI zbernice. Pomocou komunikácie bude prebiehať riadenie osvetlenosti na požadovanú hodnotu, zapínanie a vypínanie svietidiel. Pre zapínanie a vypínanie svietidiel tak odpadá nutnosť inštalovať stýkače.

Stmievateľné predradníky DALI ponúkajú vysoký potenciál pre úspory energie, keďže spotreba el. energie klesá takmer priamo úmerne nastaveniu úrovne stmievania. V spojení so systémom riadenia osvetlenia budovy možno ušetriť až do 70 % v prípade inštalácie s riadením umelého osvetlenia podľa úrovne denného svetla v kombinácii so snímačom prítomnosti [8].

Modbus

Modbus je sériový komunikačný protokol pôvodne publikovaný spoločnosťou Modicon (teraz Schneider Electric) v roku 1979 pre použitie s jeho programovateľnými logickými automatmi (PLC). Modbus sa stal štandardným komunikačným protokolom a v súčasnosti je bežne dostupným prostriedkom na pripojenie priemyselných elektronických zariadení. Modbus je populárny v priemyselnom prostredí, pretože je to plne otvorená architektúra, ktorá umožňuje komunikáciu po mnohých rôznych typoch architektúr sietí. Bol vyvinutý pre priemyselné aplikácie, je relatívne ľahko nastaviteľný a udržiavateľný v porovnaní s inými normami a na formát prenášaných údajov ukladá len niekoľko obmedzení. Umožňuje prenášať dáta po rôznych sieťach a zberniciach (RS-232, RS-485, Ethernet TCP/IP, MODBUS+).



Obrázok 2.4: Schéma komunikácie Modbus zariadení [7]

Modbus umožňuje komunikáciu medzi mnohými zariadeniami pripojenými k rovnakej sieti, napríklad systémom, ktorý meria teplotu a vlhkosť a oznamuje výsledky počítaču. Modbus sa často používa na spojenie kontrolného počítača so vzdialenou terminálovou jednotkou v systémoch merania a regulácie. Mnoho typov údajov je pomenovaných podľa priemyselného použitia logiky Ladder a jej použitia v riadiacich relé.

Vývoj a aktualizáciu protokolov Modbus riadi organizácia Modbus od apríla 2004, keď spoločnosť Schneider Electric previedla práva na túto organizáciu. Organizácia Modbus je združenie

používateľov a dodávateľov zariadení kompatibilných s Modbus, ktoré sa zasadzujú za ďalšie používanie technológie [10].

Ethernet

Ethernet je protokol linkovej a fyzickej vrstvy definovaný normou IEEE802.3 (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Existuje v mnohých variáciách definovaných rôznymi prenosovými rýchlosťami, spôsobmi prenosu a médiami fyzickej vrstvy. V súčasnej dobe sú najbežnejšie ethernet siete prepojené krútenou dvojlinkou a optickými káblami [8]. Pre stavbu ethernet sietí sú dôležité znalosti topológií sietí a aktívnych prvkov. V rámci tejto práce boli navrhnuté len koncové zariadenia, pripojiteľné do tejto siete. V súčasnej dobe je Ethernet najrozšírenejšou sieťovou technológiou. Ethernet bol uvedený firmou Xerox v roku 1975, ale stal sa viac populárnym až po spojení s DCE (Digital Equipment Corporation) a Intelom v roku 1980. Vznikol tak ethernet známy ako DIX štandard (DigitalIntel-Xerox), ktorý špecifikoval prenosovú rýchlosť až 10 Mb/s, 48-bitovú zdrojovú a cieľovú adresu a 16-bitové pole EtherType. Oficiálne bol štandardizovaný normou IEEE 802.3 v roku 1985 [11].

3 Meranie súčasného stavu

3.1 Popis súčasný stavu

Popis priestoru tenisového kurtu

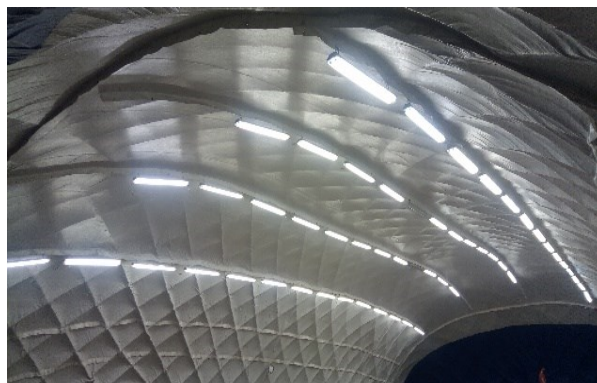
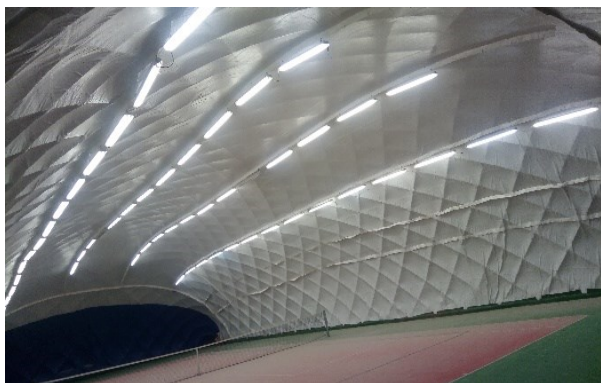
Jedná sa o vonkajší tenisový kurt. Povrch tohto kurtu tvorí umelá tráva vysypaná kremičitým pieskom. Kurt má normalizované rozmery 24x11 m. Steny nafukovacej haly sú biele s difúznym odrazom.

Popis povrchu: umelá tráva - je najrýchlejší povrch s najnižším odskokom. Vďaka moderným technológiám výroby umelých trávnikov možno však rýchlosť povrchu veľmi ľahko upraviť. Umelé trávniky určené na tenis so vsypom z kremičitého piesku sa vyznačujú nižšou výškou vlákna.



Obrázok 3.1: Povrch kurtu(vľavo), tenisový kurt pod nafukovacou halou(vpravo)

Súčasnú osvetľovaciu sústavu tvorí 52 žiarivkových svietidiel o výkone 2x 36 W. Svietidlá sú zavesené na nafukovacej hale, na miestach na tom určených. Svietidlá sú rozmiestnené v štyroch radách a to po 14 a 12 ks. Stredné rady majú vynechané prvé a posledné svietidlo a to z toho dôvodu, že svietidlo je umiestnené nad základnou čiarou kurtu a mohlo by oslňovať tenistu pri podaní. Zo všetkých 52 svietidiel boli 2 nefunkčné. Údržba svietidiel prebieha raz ročne a to keď sa stavia nafukovacia hala. Od bielej látky, z ktorej je nafukovacia hala vyrobená sa svetlo odráža difúznym odrazom čo zvyšuje rovnomernosť osvetlenia a znižuje oslnenie.



Obrázok 3.2: Súčasná osvetľovacia sústava tenisového kurtu

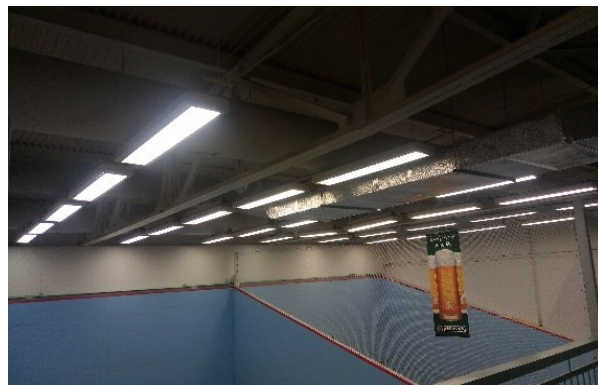
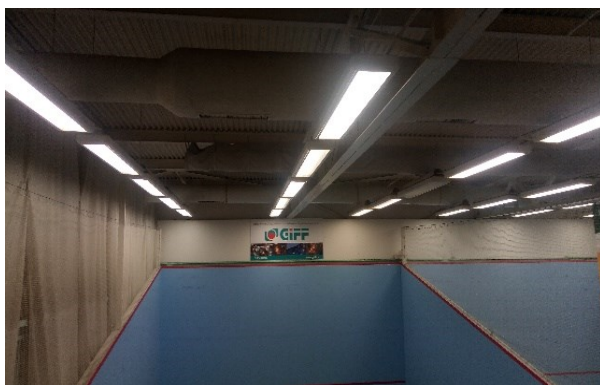
Popis priestoru squashových kurtov

V priestore, kde sú squashové kurty nie sú umiestnené žiadne okná ani svetlíky, takže do priestoru nedopadá žiadne denné osvetlenie. Jedná sa o priestor, v ktorom sú 3 kurty s rozmermi 9650x6400 mm. Výška stropu je 6 m. Steny, ktoré tvoria hraciu plochu majú modrú farbu a podlaha je zo smrekového dreva. Stropy sú biele. Nad každým kurtom je umiestnených 15 svietidiel v 3 radách po 5 svietidiel. Svietidlá sú umiestnené na závitových tyčiach 1m pod stropom. V bočných radoch je po 5 svietidiel, do ktorých je možné montovať 3 svetelné zdroje, avšak sú osadené iba dvoma svetelnými zdrojmi o výkone 58 W. V strednej rade je 5 svietidiel osadených 2 svetelnými zdrojmi o výkone 58 W.



Obrázok 3.3: Squashové kurty

Pri zapnutí osvetlenia nad všetkými kurtami súčasne je najviac osvetlený stredný kurt, pretože na jeho plochu dopadajú aj príspevky z oboch postranných kurtov. Ak bolo zapnuté osvetlenie len nad jedným kurtom, tak bolo osvetlenie kurtu na prvý pohľad nevyhovujúce.



Obrázok 3.4: Súčasná osvetľovacia sústava squashových kurtov

Popis priestoru bazénu

Jedná sa o krytý bazén, ktorý slúži na relaxáciu. Okolo bazéna sú modré dlaždice a steny majú oranžovú farbu. Nad bazénom je tmavomodrý kazetový podhľad. V miestnosti s bazénom sú veľké okná, takže cez deň je tu dostatok denného svetla.



Obrázok 3.5: Bazén

3.2 Meranie

Príprava merania

Predmetom merania je posúdenie svetelno-technických parametrov vybraných športovísk v Športovo relaxačnom centre Kotelna vo Frýdlante nad Ostravicí na Hamernickej ulici. Na meranie som pripravil podklady, tak aby meranie prebiehalo podľa normy ČSN 12 193. Norma je českou verziou európskej normy EN 12 193: 1999. Európska norma EN 12 193: 1999 má status českej štátnej normy. Norma určuje osvetlenie krytých i otvorených športovísk pre tie druhy športov, ktoré sú v Európe najčastejšie. Stanovuje hodnoty osvetlenosti, rovnomernosť osvetlenia, obmedzenie oslnenia a farebných vlastností svetelných zdrojov, podľa ktorých sa navrhuje a kontroluje osvetlenie športovísk. Všetky požiadavky sú stanovené ako minimálne. Určuje tiež metódy, ktorými sa tieto hodnoty merajú. Od investora som dostal pôdorys vo formáte DWG a tak som si vedel podľa toho navrhnuť sieť bodov, tak aby boli splnené normatívne požiadavky merania. Dňa 25.4.2019 od 20:00 do 23:00 prebehlo samotné meranie súčasných osvetľovacích sústav. Ako prvé sa merali squashové kurty vo dvoch variantách a nakoniec sa meral tenisový kurt. Meranie tenisového kurtu prebiehalo už za tmy, aby výsledok merania neovplyvnilo denné svetlo, ktoré by difúznym odrazom od nafukovacej haly plošne zdvihlo mieru osvetlenia.

Meranie osvetlenia squashových kurtov prebiehalo v prípadoch keď bolo:

- a) zapnuté osvetlenie nad všetkými kurtami,
- b) zapnuté osvetlenie nad stredným kurtom.

Postup merania

Po príchode do priestoru squashových kurtov sme si na podlahe vymerali a bielou lepiacou páskou naznačili meracie body. Po vyznačení meracích bodov sme luxmetrom merali osvetlenosť na podlahe, čiže vo výške 0 m. Naznačené body merania je možné vidieť na obrázku 3.6. Veľmi dôležité

bolo aby luxmeter mal kosínusový nástavec, ktorý koriguje chybu merania pre šikmý dopad svetla na plochu fotočlánku. Chyba merania bez kosínusového nástavca sa zväčšuje s uhlom dopadu: pre 30° je to 6 %, pre 45° je väčšia než 15 %. Fotočlánok s kosínusovým nástavcom sme pokladali priamo na meracie body a vždy sme sa stavali tak, aby sme zatienenie dopadajúceho svetla znížili na minimum. Pred meraním sme zapli osvetľovacie sústavy nad všetkými kurtami, tak aby svetelné zdroje boli na pracovnej teplote a tým sa znížila neistota merania. Pri meraní je dôležité aby všetky chyby boli minimalizované a neistota merania bola čo najnižšia.



Obrázok 3.6: Pribeh merania osvetľovacej sústavy squashových kurtov

Podmienky merania

Dátum: 25.04.2020
 Čas: 20:00-23:00
 Teplota: 23 °C
 Tlak: 980 hPa

Meracie prístroje:

Digitálny luxmeter: Krochman Radiolux R111.
 Kliešťový multimeter: CHAUVIN ARONUX F09.

Namerané hodnoty napätí a prúdov:

Napätie:	Squash			Tenis
1. fáza	238,6 V			240 V
2. fáza	238,4 V			236 V
3. fáza	240 V			237,8 V
Prúd:	Squash 1	Squash 2	Squash 3	Tenis
1. fáza	1,37 A	1,41 A	0,16 A	5,56 A
2. fáza	8,14 A	11,32 A	9,67 A	9,11 A
3. fáza	0,28 A	0,18 A	3,58 A	6,7 A

Z nameraných hodnôt napätí a prúdov môžeme vidieť že svietidlá sú nesprávne rozfázované.

Udržiavací činiteľ

Prevádzkovaním osvetľovacích sústav dochádza k postupnému znižovaniu užitočného svetelného toku dôsledkom znečistenia povrchu osvetľovacej sústavy, starnutím svetelných zdrojov a starnutím materiálu sústavy. Miera znižovania svetelného toku je ovplyvnená podmienkami okolia v ktorých je svetelná sústava prevádzkovaná a výberom materiálu pre svietidlá. Norma stanovuje pre tento proces starnutia osvetľovacej sústavy udržiavací činiteľ, ktorý sa využíva pri vypracovaní svetelno-technických projektov alebo pri meraní nových svetelných sústav. Pretože táto sústava je na konci doby života, udržiavací činiteľ som pri vypracovávaní protokolu o meraní stanovil na 1.

Namerané hodnoty

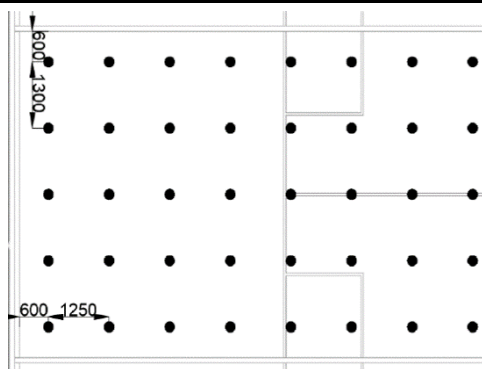
Pre meranie osvetľovacej sústavy squashového kurtu norma určuje sieť bodov s počtom bodov 5x8. Odstup od stien som určil 600 mm. Rozteč medzi bodmi v som určil pre dlhšiu stranu squashového kurtu na 1250mm a pre kratšiu stranu 1300 mm. Z nameraných hodnôt som výpočtom určil priemernú hodnotu osvetlenosti a rovnomernosť osvetlenosti. Ďalej som určil minimálnu a maximálnu nameranú hodnotu.

3.2.1 Meranie súčasnej osvetľovacej sústavy squashových kurtov

Rozsvietená osvetľovacia sústava krajného kurtu a meranie osvetlenosti krajného kurtu.

Tabuľka 3.1 namerané hodnoty osvetlenia krajného squashového kurtu

Osvetlenosť (lx)								
175	182	193	200	200	200	195	184	171
211	222	240	246	252	248	244	228	215
230	247	262	275	280	277	271	254	238
228	240	260	272	279	280	273	255	236
220	221	240	254	263	266	260	242	223



Obrázok 3.7: Rozmiestnenie meracích bodov na squashovom kurtu

Výpočet priemernej hodnoty osvetlenia :

$$E_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = \frac{175+182+\dots+200}{40} = \frac{10\,652}{40} = 237 \text{ lx} \quad (5)$$

Zhodnotenie s neistotou merania:

$$E_{av-10\%} = \frac{E_{av}}{100} \cdot 90 = 2,37 \cdot 90 = 213,3 \text{ lx} \quad (6)$$

$$E_{av+10\%} = \frac{E_{av}}{100} \cdot 90 = 2,37 \cdot 110 = 260,7 \text{ lx} \quad (7)$$

Výpočet rovnomernosti:

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{av}} = \frac{171}{237} = 0,72 [-] \quad (8)$$

Maximálna hodnota:

$$E_{max} = 280 \text{ lx}$$

Výsledná hodnota priemernej osvetlenosti je v intervale od 213,3 lx do 260,7 lx. Norma požaduje priemernú úroveň osvetlenosti minimálne 300 lx pre najnižšiu úroveň. Ďalej norma požaduje minimálnu rovnomernosť 0,5. Na to aby bola sústava nevyhovujúca stačí aby nebol splnený jeden zo spomínaných dvoch parametrov. Týmto meraním som overil, že ak bude zapnuté osvetlenie iba nad jedným kurtom a na ostatných bude zhasnuté, tak osvetlenie nespĺňa normatívne požiadavky a musí byť vymenené. Spotreba osvetľovacej sústavy pre meraný kurt je 2250 W.

Rozsvietené všetky osvetľovacie sústavy a meranie stredného kurtu.

Tabuľka 3.2: namerané hodnoty osvetlenia stredného squashového kurtu

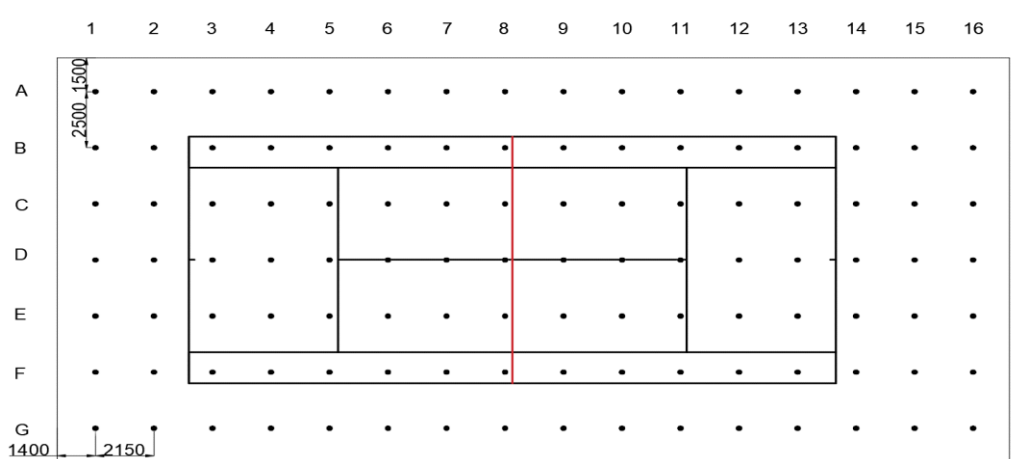
Osvetlenosť (lx)								
263	264	292	300	310	305	292	305	243
287	310	342	359	370	363	348	314	292
310	338	370	391	400	393	376	360	312
309	330	355	377	382	380	365	335	303
293	317	336	356	356	354	337	312	282

$$E_{av} = 331 \text{ lx}, E_{av-10\%} = 301 \text{ lx}, \quad E_{av+10\%} = 364 \text{ lx}, U_0 = 0,73 [-], \quad E_{max} = 280 \text{ lx}$$

Výsledná hodnota priemernej osvetlenosti je v intervale od 301 lx do 364 lx. Norma požaduje priemernú úroveň osvetlenosti minimálne 300 lx pre najnižšiu úroveň. Ďalej norma požaduje minimálnu rovnomernosť 0,5. Teda ak svieti všetkých 15 svietidiel sústava vyhovuje minimálnym požiadavkám normy pre najnižšiu triedu. Je to ale veľmi nevhodný spôsob osvetľovania a vyhoví len prostredný kurt, pretože má príspevky osvetlenia z oboch susedných kurtov. Pri zapnutí všetkých troch sústav naraz je spotreba osvetľovacích sústav 6750 W.

3.2.2 Meranie súčasnej osvetľovacej sústavy tenisového kurtu

Pre meranie osvetľovacej sústavy tenisového kurtu norma určuje sieť bodov s počtom bodov 7x15. Ja som pridal ešte jednu radu bodov takže som použil sieť s počtom bodov 7x16. Odstup od stien som určil 1400 mm. Rozteč medzi bodmi v som určil pre dlhšiu stranu tenisového kurtu na 2150 mm. Pre kratšiu stranu som určil rozteč medzi bodmi 2500 mm. Z nameraných hodnôt som výpočtom určil priemernú hodnotu osvetlenosti a rovnomernosť osvetlenosti. Ďalej som určil minimálnu a maximálnu nameranú hodnotu.



Obrázok 3.8: Rozmiestnenie meracích bodov na tenisovom kurtu

Tabuľka 3.3: namerané hodnoty osvetlenia tenisového kurtu

Osvetlenosť (lx)															
88	180	307	360	402	431	438	555	455	450	491	422	360	272	165	70
103	211	364	450	493	525	540	555	532	543	544	518	443	325	192	73
110	218	352	466	522	550	568	563	554	560	559	530	450	320	183	93
108	200	330	450	520	546	562	564	560	565	560	524	440	309	179	101
114	198	350	448	507	530	550	550	556	560	546	509	437	310	180	96
93	188	333	440	482	487	499	495	494	500	481	450	390	288	162	93
83	163	267	347	393	404	404	394	380	393	374	320	310	260	138	72

$$E_{av} = 375 \text{ lx}, E_{av-10\%} = 341 \text{ lx}, E_{av+10\%} = 412 \text{ lx}, \quad U_0 = 0,19 [-], \quad E_{max} = 568 \text{ lx}$$

Výsledná hodnota priemernej osvetlenosti je v intervale od 341 lx do 412 lx. Norma požaduje priemernú úroveň osvetlenosti minimálne 300 lx pre najnižšiu úroveň. Ďalej norma požaduje minimálnu rovnomernosť 0,5. Na to aby bola sústava nevyhovujúca stačí aby nebol splnený jeden zo spomínaných dvoch parametrov. Týmto meraním som overil, že miera osvetlenosti vyhovuje pre najnižšiu triedu, ale rovnomernosť nevyhovuje. V rohoch a na krajoch sústavy je osvetlenie výrazne nižšie ako v strede kurtu a to vyjadruje rovnomernosť osvetlenia 0,19. Súčasná svetelná sústava nevyhovuje normatívnym požiadavkám.

Tabuľka 3.4: Vyhodnotenie merania osvetlenia všetkých priestorov

Miestnosť	E_{av}	U	Vyhodnotenie
Tenis	375/300 lx	0,19/0,5	NEVYHOVUJE
Squash 1	331/300 lx	0,72/0,7	VYHOVUJE
Squash 2	237/300 lx	0,72/0,7	NEVYHOVUJE

4 Svetelne-technický návrh

Pri svetelne-technickom návrhu som používal výpočtový program Wils 7.0. Ešte pred začatím samotného modelovania osvetľovaných priestorov som musel správne vybrať svietidlá. Rozhodol som sa pre svietidlá s možnosťou riadenia po zbernici DALI. Ďalej som používal výhradne LED svietidlá, ktoré sú najmodernejšie, najúčinnnejšie a tým aj najúspornejšie. Svietidlá od firmy LUXART budú pre osvetlenie tenisového kurtu vo variante 1. Vo variante 2 a pre osvetlenie squashových kurtov som použil svietidlá od firmy TREVOS. Pre osvetlenie bazéna som použil svietidlá od firmy MODUS.

4.1 Výber svietidiel

Keďže pri tenise a takisto pri squashi môže byť zasiahnuté svietidlo loptičkou letiacou vysokou rýchlosťou, ako jeden z hlavných parametrov, na ktoré som prihliadal bolo mechanické krytie svietidla IK. Ďalej som vyberal svietidlá s prachotesným krytím keďže sa jedná o priestory so zvýšeným pohybom a tým sa ráta s víriacim sa prachom.

4.1.1 Použité svietidlá

Svietidlo MATCH

Modulárny LED svetlomet s vysokým výkonom, určený pre osvetlenie veľkých plôch, vhodný pre priemyselné zariadenia, štadióny a športové centrá. Vďaka pozoruhodnému systému s vysokou účinnosťou a možností optických prvkov, ktoré umožňujú variabilitu jeho aplikácie [10].

Tabuľka 4.1: Parametre svietidla MATCH 480 W

Svetelný tok	62 500 lm
Merný výkon	130 lm/W
Napätie	230 V
Spotreba svietidla	480 W
Ovládanie	DALI
Stupeň krytia	IP66
Mechanická odolnosť	IK05
Index podania farieb	80<
T _a	4000 K
Pracovná teplota	-35÷50°C



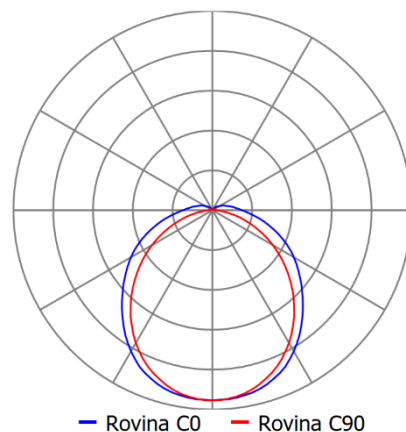
Obrázok 4.1: Svetidlo MATCH 480 W DALI [10]

Svietidlo FUTURA ES

Plastové priemyselné LED svietidlo, s difuzorom z translucenčného polykarbonátu, energy saver. Svetidlo je vhodné pre vnútorné a vonkajšie priemyslené zastrešené priestory, skladovacie haly, športové areály, dielne, garáže, dopravné terminály, ekonomické objekty a laboratória bez nebezpečenstva výbuchu plynov, prachov a horľavých pár. Svetidlo odoláva prachu, vlhku a tryskajúcej vode. Základňa a difúzor z polykarbonátu (PC) majú zvýšenú odolnosť proti deformácii a nárazu [14].

Tabuľka 4.2: Parametre svietidla Futura 16000/840

Svetelný tok	14 580 lm
Merný výkon	150 lm/W
Napätie	230 V
Spotreba svietidla	97 W
Riadenie	DALI
Stupeň krytia	IP66
Mechanické odolnosť	IK10
Index podania farieb	80<
T _a	4000 K
Pracovná teplota	-25÷50°C



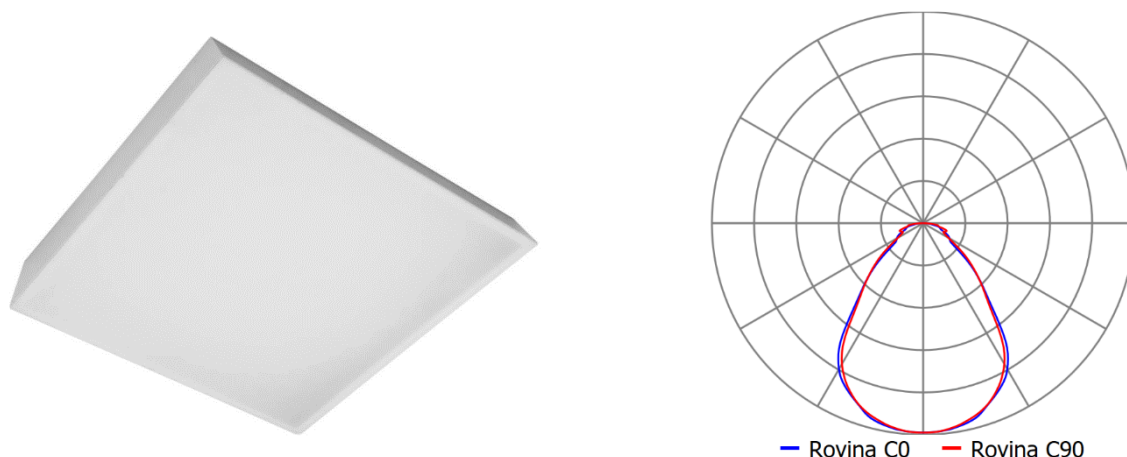
Obrázok 4.2: Svetidlo FUTURA 2.5ft ES PC Al 16000/840 DALI [14]

Svietidlo MODUS LAB

Vstavané svietidlo pre použitie v náročnejších priestoroch - svietidlo v krytí IP65. Elektrické zapojenie pomocou konektorov. Toto riešenie zaisťuje rýchlu montáž a tiež dlhotrvajúce IP krytie. Optická časť je tvorená nanoprizmatickým krytom [15].

Tabuľka 4.3: Parametre svietidla Modus LAB

Svetelný tok	3200 lm
Merný výkon	140 lm/W
Napätie	230 V
Spotreba svietidla	23 W
Stupeň krytia	IP65
Index podania farieb	80<
T _a	4000 K
Pracovná teplota	-25÷50°C



Obrázok 4.3: Svetidlo LAB 3000 A4 KN 600ND [15]

4.2 Svetelne-technický návrh pre tenisový kurt variant 1

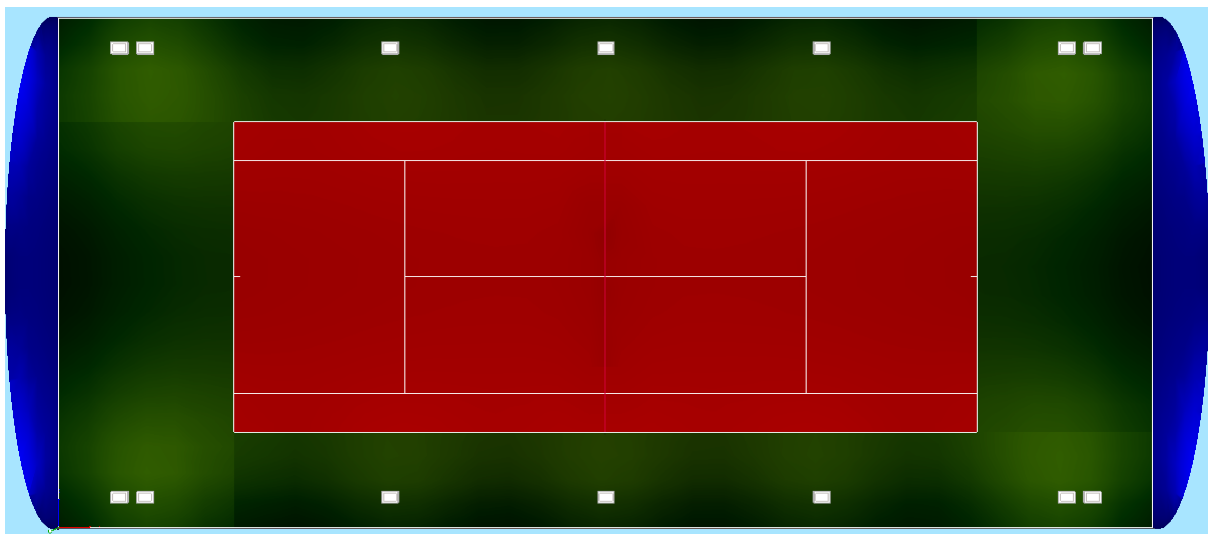
Pri tomto variante som vychádzal z požiadavku čo najmenšieho oslnenia hráčov aj na úkor energetickej náročnosti. Variant je založený na osvetlení stropu, z ktorého sa difúznym odrazom svetlo rozloží rovnomerne do priestoru kurtu. Pri tejto variante je oslnenie športovcov na nulovej hodnote. Svetidlá sú umiestnené na konzolách na oceľových stĺpoch a to po jednom alebo po dvoch. Umiestnením svetidiel na stĺpy sa zníži záťaž nafukovacej haly nad tenisovým kurtom o 260 kg. Stĺpy by sa po demontáži nafukovacej haly takisto demontovali. Avšak, keďže svetidlo MATCH je možné použiť ako vonkajšie, tak v letných mesiacoch by bolo možné stĺpy vymeniť za vyššie, otočiť svetidlá do spodu a rovnaké svetidlá by mohli slúžiť pre osvetlenie po západe slnka v letných mesiacoch.

Tabuľka 4.4: Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt tenis variant 1

Názov	Minimálna hodnota	Priemerná hodnota	Maximálna hodnota	Rovnomernosť
1.1 - Tenisový kurt				
Normálová osvetlenosť	609 lx	796 / 750 lx	1261 lx	0,77 / 0,7
Činiteľ oslnenia UGR	0	0	0 / 22,0	

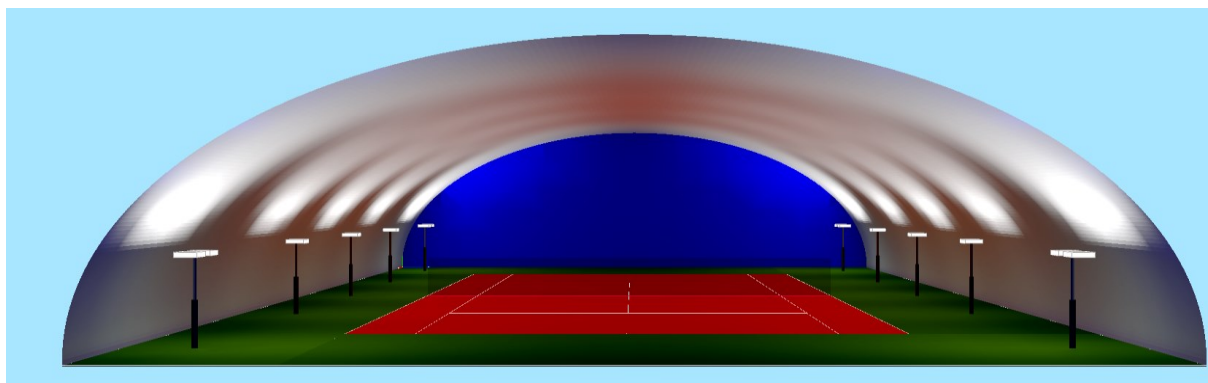
Pre danú osvetľovaciu sústavu môžu byť dodržané intenzity osvetlenia podľa ČSN EN 12 464 iba vďaka pravidelne vykonávanej údržbe. Svetelné zdroje musia byť nahradené zdrojmi, ktoré majú zhodné technické parametre – svetelný tok, farba svetla, index podania farieb. Prevádzkový čas za rok je približne 2000 h. Interval údržby, t.j. očistenie skla na svetidle handrou, je naplánovaný každých 6 mesiacov. Udržiavací činiteľ po zohľadnení všetkých vstupných parametrov vyšiel: 0,75

Normálová osvetlenosť je meraná na podlahe hracieho kurtu. Jej priemerná hodnota je 796 luxov (norma požaduje 750 lx). Činiteľ oslnenia je na úrovni očí dospelého človeka t.j. 1,6 m nad podlahou. Činiteľ oslnenia som vyhodnotil z normy ČSN EN 12 464-1. Zmienka priamo na tenisový kurt tam nebola, tak som vybral všeobecné športoviská kde norma dovoľuje UGR 22.



Obrázok 4.4: Vizualizácia tenisového kurtu variant 1 – pôdorys

Priestor bude osvetľovaný 14 ks asymetrickými LED reflektormi, ktoré budú umiestnené oceľových stožiaroch vysokých 2. Stĺpy budú umiestnené 2 m od krajnej čiary tenisového kurtu a to v rozostupoch 2,7 m, 11 m, 17,5 m, 24 m, 32,2 m. Na stožiaroch vo vzdialenosti 2,7 m a 32,2 m bude osadená konzola s 2 LED reflektormi, na ostatných stožiaroch bude osadená konzola s 1 LED reflektorom. Osvetľovaciu sústavu tvorí 14 svietidiel MATCH 480 W DALI s príkonom 480 W. Výška nafukovacej haly je 6 m. Priestor vyhovuje požiadavkám normy na osvetlenie športovísk ČSN EN 12 193.



Obrázok 4.5: Vizualizácia tenisového kurtu variant 1 - pohľad spredu

Kompletný výpočet tenisového kurtu variantu 1 vrátane technickej správy je priložený ako príloha K.

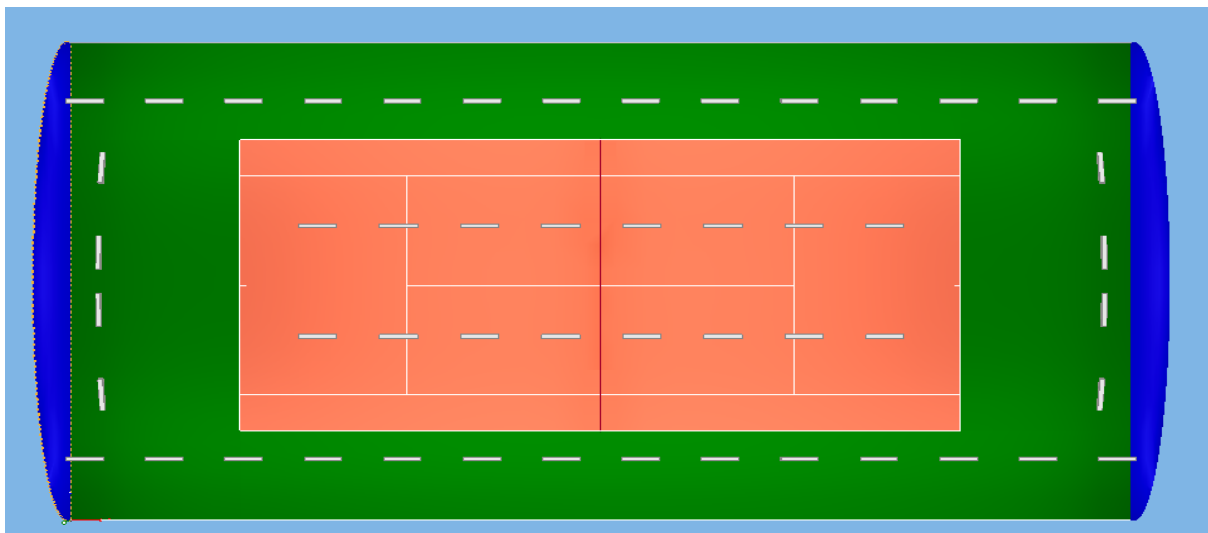
4.3 Svetelne-technický návrh pre tenisový kurt variant 2

Pri druhom variante som vychádzal zo súčasného stavu. Ponechal som pôvodnú koncepciu osvetlenia, ktorá by sa zmodernizovala a navýšili by sa svetelné parametre. Nové osvetlenie by bolo možné regulovať. Prednastavené hodnoty osvetlenia by boli podľa tried osvetlenosti z normy ČSN EN 12 193. Výhodou tejto varianty je vysoká účinnosť a nízke energetické náklady. Nevýhodami sú vyššie oslnenie hráčov a zaťaženie nafukovacej haly. Udržiavací činiteľ je rovnaký ako pre variantu jedna.

Tabuľka 4.5: Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt tenis variant 2

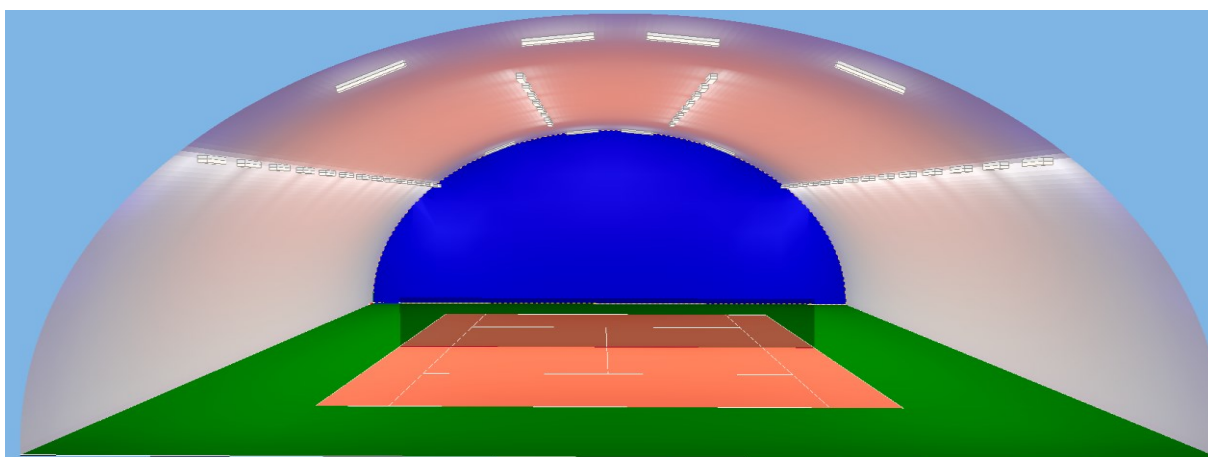
Názov	Minimálna hodnota	Priemerná hodnota	Maximálna hodnota	Rovnomernosť
1.1 - Tenisový kurt				
Normálová osvetlenosť	573 lx	795 / 750 lx	1204 lx	0,72 / 0,7
Činiteľ oslnenia UGR	19,5	20,2	20,8 / 22,0	

Normálová osvetlenosť je meraná na podlahe hracieho kurtu. Jej priemerná hodnota je 795 luxov (norma požaduje 750 lx).



Obrázok 4.6: Vizualizácia tenisového kurtu variant 2 - pôdorys

Osvetľovaciu sústavu tvorí 52 svetidiel FUTURA LED s príkonom 78 W od firmy TREVOS, ktoré sú zavesené na strope nafukovacej haly. Výška nafukovacieho vaku je 6 m. Pôvodná osvetľovacia sústava mala v súčasnom stave odber 5,1 kW novo navrhnutá sústava bude pri rovnakej hodnote osvetlenia odoberať 1,91 kW. Priestor vyhovuje požiadavkám normy na osvetlenie športovísk ČSN EN 12 193.



Obrázok 4.7: Vizualizácia tenisového kurtu variant 2 - pohľad spredu

Kompletný výpočet tenisového kurtu variantu 2 vrátane technickej správy je priložený ako príloha L.

4.4 Porovnanie variantov 1 a 2

Tabuľka 4.6: Porovnanie variantov 1 a 2

Osvetlenie tenisového kurtu	variant 1	variant 2
Priemerná osvetlenosť (lx)	797	795
Rovnomernosť	0,76	0,72
Oslnenie	0	20,8
Maximálna spotreba (kW)	6,7	4,05
Spotreba prepočítaná na mieru osvetlenia 750lx (kW)	6,3	3,8
Spotreba prepočítaná na mieru osvetlenia 500lx (kW)	4,2	2,53
Spotreba prepočítaná na mieru osvetlenia 300lx (kW)	2,52	1,52
Počiatočné náklady na svietidlá a materiál potrebný na ich uchytenie (kč)	626 500	240 000
Riadenie DALI	ÁNO	ÁNO
Výhody	Nulové oslnenie	Nízke náklady
	Nafukovacia hala sa odľahčí o 260 kg	Vysoká úspora energií
	Najvyššia rovnomernosť	Možnosť regulácie
	Možnosť využívať v lete ako vonkajšie osvetlenie	
	Možnosť regulovať regulácie	

4.5 Svetelne-technický návrh pre squashový kurt

Návrh osvetlenia squashového kurtu bol podobný ako variant 2 návrhu osvetlenia tenisového kurtu. Zostala zachovaná koncepcia súčasného osvetlenia s tým, že by sa zredukoval počet svietidiel nad každým kurtom o 3 svietidlá a zvýšila by sa osvetlenosť kurtov. Osvetlenie by bolo takisto možné riadiť po DALI zbernici. Keďže pri squashi sa loptička odráža o čelnú stenu a môže nastať odraz aj od bočných stien kurtu, tak som výpočtové body umiestnil aj na tieto steny. Zistil som že steny sú dostatočne osvetlené s vysokou rovnomernosťou tak, aby hráči jasne videli odraz loptičky. Pri výpočte som musel brať do úvahy dva stavy ktoré môžu nastať. Prvý je ten že sa bude hrať len na jednom kurtu a nad týmto kurtom sa rozsvieti osvetľovacia sústava. Druhý stav je ten, že sa rozsvieti osvetľovacia sústava nad všetkými kurtami. Ak je sústava rozsvietená nad všetkými kurtami, tak hodnoty sú osvetlenosti sú 1,5 násobne vyššie ako požaduje norma pre triedu osvetlenia 1 a sústava sa tak zdá byť predimenzovaná. Preto bude nad každým kurtom samostatne umiestnený snímač osvetlenia a osvetlenie každého kurtu sa samostatne doreguluje na nastavenú hodnotu ktorú určuje norma.

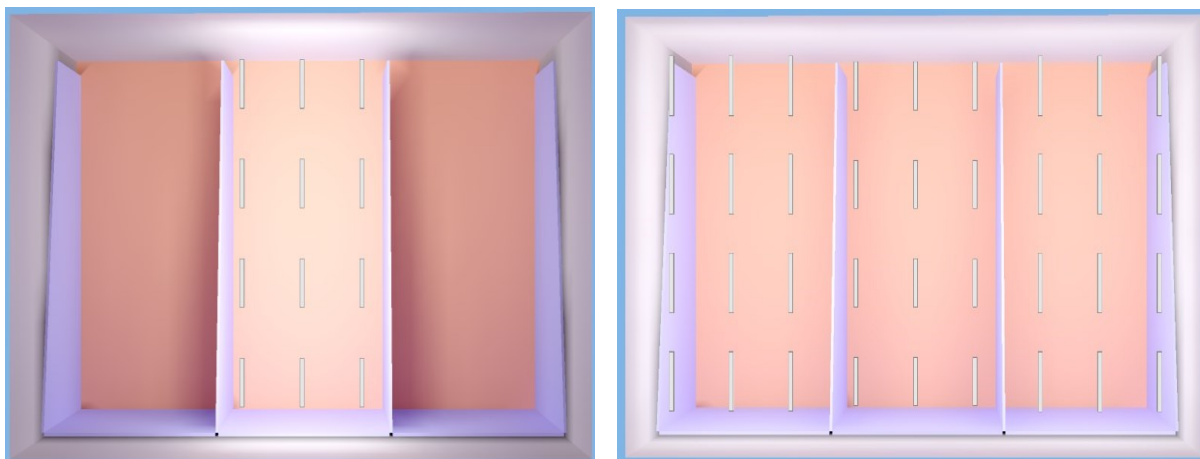
Tabuľka 4.7: Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt squash (všetky kurty rozsvietené)

Názov	Minimálna hodnota	Priemerná hodnota	Maximálna hodnota	Rovnomernosť
1.1 - Squash ihriská				
Squash 1 podlaha - Normálová osvetlenosť	863 lx	1106 / 750 lx	1288 lx	0,78 / 0,7
Squash 1 čelná stena - Normálová osvetlenosť	673 lx	939 / 500 lx	1220 lx	0,72 / 0,6
Squash 2 podlaha - Normálová osvetlenosť	953 lx	1202 / 750 lx	1420 lx	0,79 / 0,7
Squash 2 čelná stena - Normálová osvetlenosť	751 lx	1022 / 500 lx	1289 lx	0,73 / 0,6
Squash 3 podlaha - Normálová osvetlenosť	856 lx	1098 / 750 lx	1280 lx	0,78 / 0,7
Squash 3 čelná stena - Normálová osvetlenosť	663 lx	931 / 500 lx	1213 lx	0,71 / 0,6
Squash 1 - Činiteľ oslnenia UGR	10,4	15,5	15,5 / 19,0	
Squash 2 - Činiteľ oslnenia UGR	12,8	16,2	16,2 / 19,0	
Squash 3 - Činiteľ oslnenia UGR	10,5	14,8	18,2 / 19,0	

Tabuľka 4.8: Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt squash (rozsvietený jeden kurt)

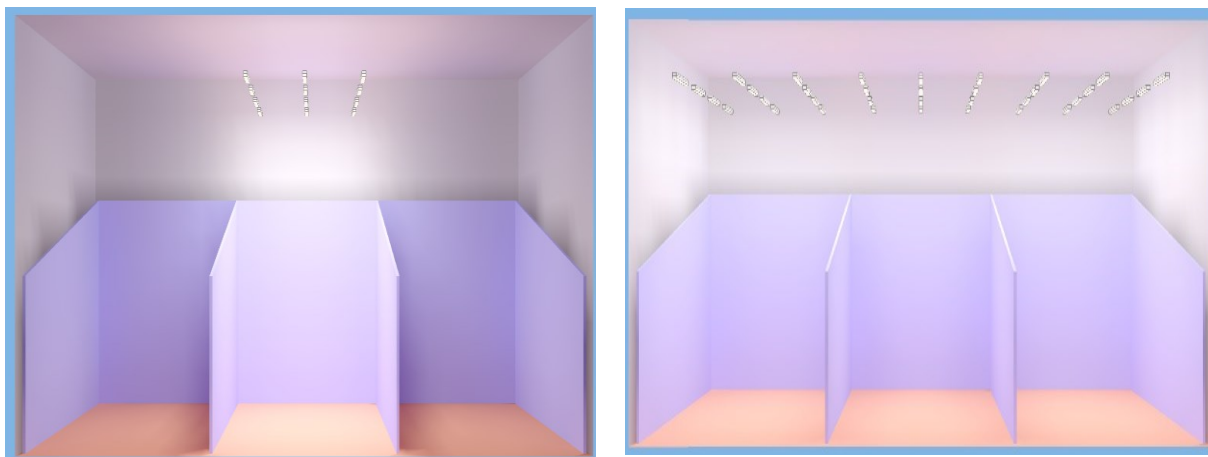
Názov	Minimálna hodnota	Priemerná hodnota	Maximálna hodnota	Rovnomernosť
1.1 - Squash ihriská				
Squash 2 podlaha - Normálová osvetlenosť	657 lx	799 / 750 lx	912 lx	0,82 / 0,7
Squash 2 čelná stena - Normálová osvetlenosť	513 lx	649 / 500 lx	912 lx	0,79 / 0,6
Squash 2 - Činiteľ oslnenia UGR	10,8	14,1	16,6 / 19,0	

Normálová osvetlenosť je meraná na podlahe hracích kurtov. Jej priemerná hodnota je 799 luxov (norma požaduje 750 lx), pri rozsvietených všetkých kurtoch dosahuje priemerná hodnota osvetlenia hodnoty cez 1000 luxov, dokonca v stredom kurte určil program výpočtom hodnotu až 1202 luxov. Je to dané tým, že do stredného ihriska dopadajú príspevky z oboch susedných ihrísk. Na čelnej stene, o ktorú hráči odrážajú loptičku som určil o rád menšiu osvetlenosť čo by malo byť v poriadku a oko by si malo na to bez problémov zvyknúť. Činiteľ oslnenia je na úrovni očí dospelého človeka t.j. 1,6 m nad podlahou.



Obrázok 4.8: Vizualizácia squashovíc kurtov pôdorys

Osvetľovaciu sústavu tvorí v každom ihrisku 12 svietidiel FUTURA LED od firmy TREVOS umiestnených vo výške 7,2 m nad priestormi kurtov. Stmievanie je riešené cez systém DALI. Svietidlá budú takisto energeticky úspornejšie a to nie len vďaka tomu že sa dajú stmievať, ale aj pri plnom výkone budú odoberať menší výkon. Priestor vyhovuje požiadavkám normy na osvetlenie športovísk ČSN EN 12 193.



Obrázok 4.9: Vizualizácia squashového kurtu - pohľad spredu

Kompletný výpočet squashového kurtu vrátane technickej správy je priložený ako príloha I.

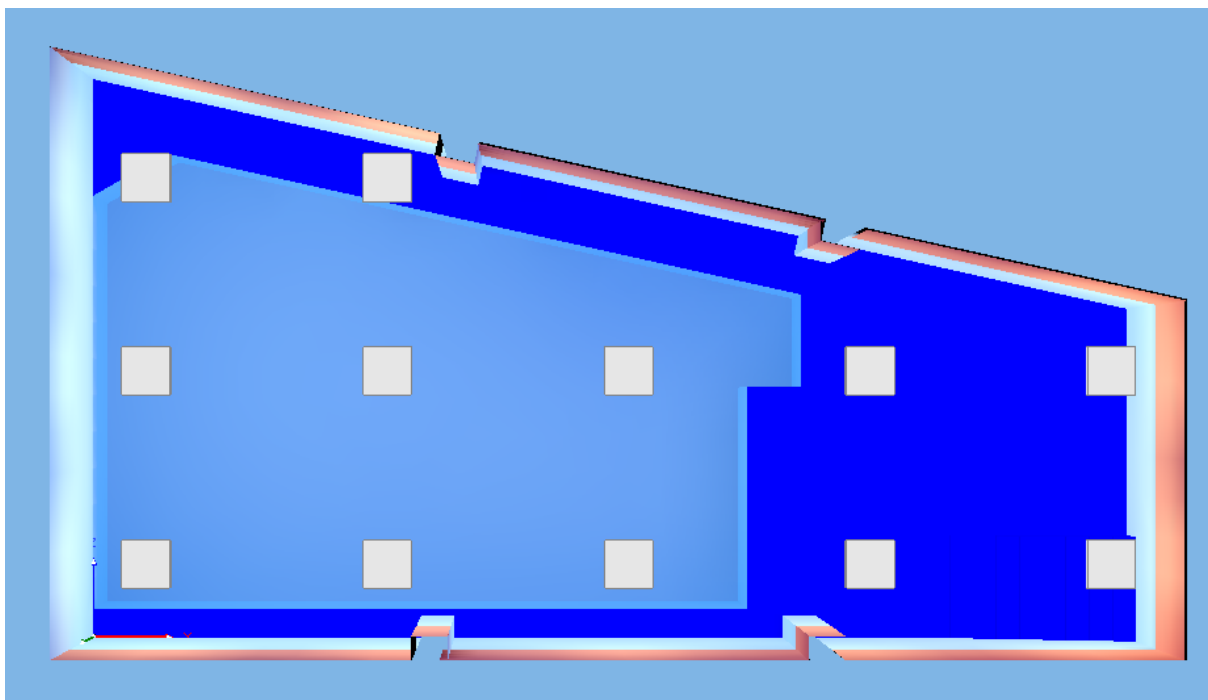
4.6 Svetelne technický návrh pre bazén

Svetelnú sústavu tvorí 12 svietidiel od firmy MODUS. Svietidlá majú krytie IP65. Keďže je nad bazénom kazetový podhl'ad, vybral som svietidlá, ktoré sa umiestňujú do takýchto podhl'adov. Svietidlá majú nanoprizmatický kryt pre zníženie oslnenia. V miestnosti bazéna sa nachádzajú veľké okná, takže stmievanie svietidiel by nebolo možné technicky zrealizovať tak, aby sa regulovalo na stanovenú hodnotu. Ovládanie bude vypínačmi pri vstupoch do miesta bazénu. Svetlá sa budú zapínať podľa potreby. Vypínače budú v krytí IP65.

Tabuľka 4.9: Vyhodnotenie vypočítaných hodnôt bazén

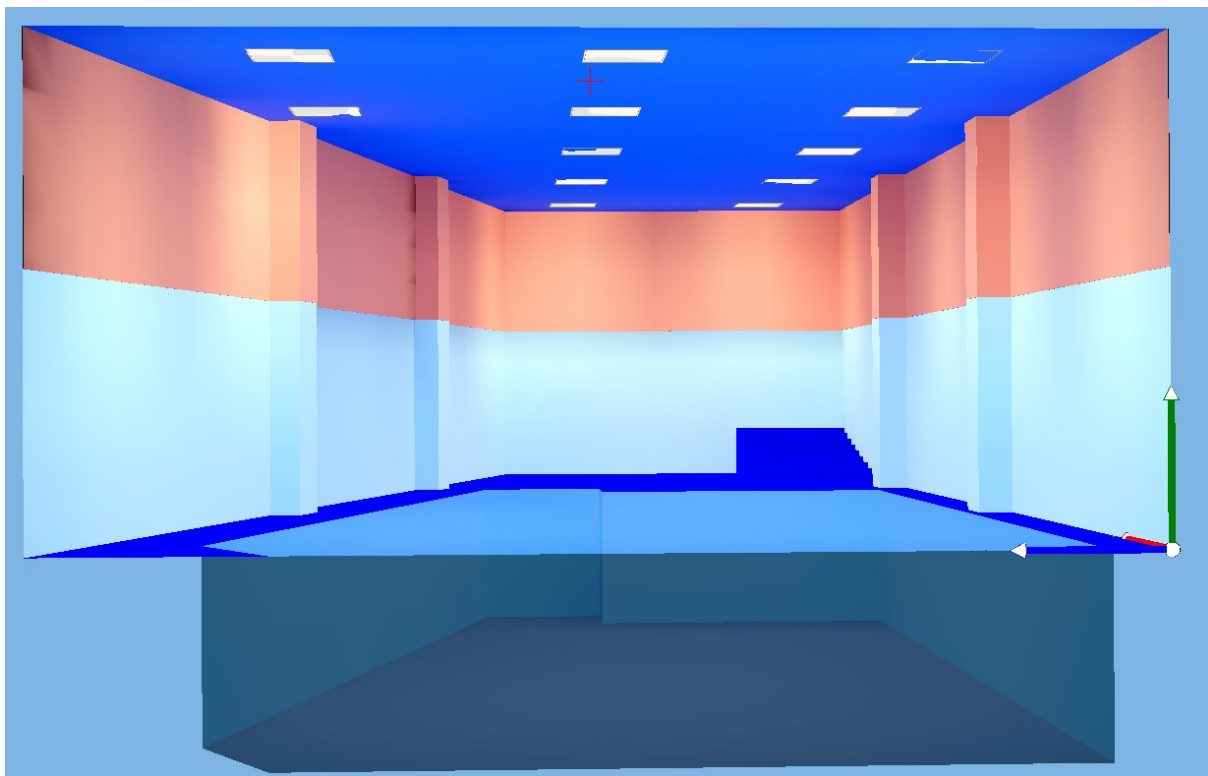
Názov	Minimálna hodnota	Priemerná hodnota	Maximálna hodnota	Rovnomernosť
Podlaha - Normálová osvetlenosť	195 lx	273 / 200 lx	334 lx	0,71 / 0,5
Podlaha - Normálová osvetlenosť	184 lx	317 / 200 lx	377 lx	0,58 / 0,5
Bazén - Normálová osvetlenosť	264 lx	365 / 200 lx	407 lx	0,72 / 0,5
Schody - Normálová osvetlenosť	252 lx	307 / 200 lx	350 lx	0,82 / 0,5
Schody - Normálová osvetlenosť	229 lx	276 / 200 lx	314 lx	0,83 / 0,5
Schody - Normálová osvetlenosť	259 lx	309 / 200 lx	352 lx	0,84 / 0,5
Schody - Normálová osvetlenosť	246 lx	305 / 200 lx	351 lx	0,81 / 0,5
Schody - Normálová osvetlenosť	257 lx	308 / 200 lx	352 lx	0,83 / 0,5
Stojaci človek - Činiteľ oslnenia UGR	12,3	14,2	15,8 / 19,0	
Človek vo vode- Činiteľ oslnenia UGR	10,6	11,8	13,2 / 19,0	

Normálová osvetlenosť je meraná na podlahe a na povrchu vody. Jej priemerná hodnota sa pohybuje na úrovni 300 luxov (norma požaduje 200 lx). Vďaka tomu že sú na osvetlenie použité širokožiariče, tak rovnomernosť dosahuje veľmi vysoké hodnoty.



Obrázok 4.10: Vizualizácia bazénu pôdorys

Osvetľovaciu sústavu tvorí 12 svietidiel MODUS LAB6000 s príkonom 23 W od firmy MODUS, ktoré sú umiestnené v podhl'ade. Výška miestnosti je 3500 mm.



Obrázok 4.11: Vizualizácia bazénu - pohľad spredu

Kompletný výpočet priestoru bazénu vrátane technickej správy je priložený ako príloha M.

5 Projektová dokumentácia

V rámci projektu rekonštrukcie osvetlenia bolo nutné navrhnuť nové príводы pre osvetľovacie sústavy a ovládanie týchto sústav. Pri vytváraní projektovej dokumentácie som používal primárne programy EPLAN a AUTOCAD.

Súčasný stav

V súčasnom stave sa osvetlenie ovláda z recepcie, kde je namontovaný ovládací panel osvetlenia a pomocou tlačítok sa zapínajú jednotlivé osvetľovacie sústavy. Osvetlenie je napájané z rozvádzača RH1 v rozvodni NN. Každý svetelný vývod je istený ističom B16/3. Svietidlá nemajú možnosť regulácie.

Nový stav

V súčasnom rozvádzači sa zdemontujú vývody pre súčasné osvetlenie a osadí sa nový istič B63/3. Novo osadený istič bude slúžiť pre napájanie nového rozvádzača osvetlenia +RS1. Rozvádzač +RS1 bude umiestnený v rozvodni NN na protiľahlú stenu od rozvádzača +RH1. Napojenie nového rozvádzača bude realizované pomocou kábla CYKY-J 5x16. Osvetlenie bude ovládané z riadiaceho systému pomocou DALI zbernice.

Kompletná projektová dokumentácia je prílohou diplomovej práce. Projektová dokumentácia elektroinštalácie obsahuje tieto dokumenty: technická správa, situácia, pôdorys 1.NP, pôdorys 2.NP zoznam káblov, zoznam dátových bodov, viacpólová schéma zapojenia rozvádzača +RS1

5.1 Silnoprádová časť

V rozvádzači bude na vstupe inštalovaný elektromer pre meranie spotreby osvetľovacích sústav. Informácie z elektromeru budú zavedené do riadiaceho systému pomocou elektromeru.

Popis elektroinštalácie pre osvetľovaciu sústavu tenisového kurtu

Osvetľovacia sústava nad tenisovým kurtom bude rozdelená na 2 okruhy. Každý okruh bude istený ističom typu B s menovitým prúdom 10 A. Kábel pre napájanie tenisového kurtu musí mať prierez až 10 mm² z dôvodu úbytku napätia. Ak by som použil kábel s prierezom 2,5 mm² bol by úbytok napätia 6,2%. Norma ČSN 33 2000-5-52 ed.2 určuje úbytok napätia pre svetelné vývody pod 3%. Túto hodnotu som dosiahol až s použitým káblom CYKY-J 5x10. Z rozvádzača bude viesť kábel CYKY-J 5x10, ktorý bude ukončený vo svorkovnici v stĺpe. Zo svorkovnice k svietidlu bude viesť kábel CYKY-J 5x2,5. Pre komunikáciu DALI bude viesť kábel CYKY-O 2x2,5. Osvetlenie bude rozdelené na dva svetelné okruhy a to vo variante 1 bude každá strana osvetlenia tvoriť jeden okruh. V prípade varianty 2 bude kábel CYKY-J 5x10 ukončený v rozvodnej krabici. Z krabice budú viesť káble CYKY-J 5x2,5 ku svietidlám. Svietidlá umožňujú priebežnú montáž, takže prepájanie svietidiel nie je nutné riešiť inštaláčnymi krabičkami pred každým svietidlom.

Zapojenie okruhov osvetlenia tenisového kurtu je zreteľné z viacpólovej schémy zapojenia rozvádzača +RS1, ktorá je priložená ako príloha H.

Popis elektroinštalácie pre osvetľovaciu sústavu squashových kurtov

Pre napájanie osvetľovacích sústav budú v rozvážači inštalované ističe B10/3. Do miestnosti nad každým squashovým kurtom bude napájanie s ovládaním privedené pomocou kábla CYKY-J 7x2,5. Kábel bude ukončený v rozvodnej krabici. Toto riešenie je výhodné vďaka minimalizácii kabeláže keďže vďaka zbernici DALI je možné viesť silové a ovládacie vodiče v jednom kábli. V rozvodnej krabici bude zrealizované rozfázovanie jednotlivých osvetľovacích sústav. Z rozvodnej krabice budú potom viesť káble CYKY-J 5x2,5 do jednotlivých svietidiel. Svietidlá nad squashovými kurtami takisto umožňujú priebežnú montáž.

Zapojenie okruhov osvetlenia tenisového kurtu je zreteľné z viacpólovej schémy zapojenia rozvážača +RS1, ktorá je priložená ako príloha H.

Popis elektroinštalácie pre osvetľovaciu sústavu bazénu

Pre napojenie osvetľovacej sústavy bazéna bude v rozvážači inštalovaný jednofázový istič typu B s menovitým prúdom 10A. Z rozvážača bude vyvedený kábel CYKY-J 3x1,5, ktorý povedie z rozvodne NN do 2. NP. Cez voľný priestor pod strechou bude kábel zavedený priamo do miestnosti bazénu. Pri dverách bude osadený vypínač s krytím IP 44, ktorým bude osvetlenie ovládané. Z vypínača povedie kábel v stene do podhl'adu k prvému svietidlu. Káblová trasa k ostatným svietidlám bude viesť v podhl'ade. Druhý vypínač bude umiestnený pri dverách, ktoré sú z vonku budovy. Medzi vypínačmi bude viesť kábel CYKY-O 3x1,5.

Zapojenie okruhov osvetlenia tenisového kurtu je zreteľné z viacpólovej schémy zapojenia rozvážača +RS1, ktorá je priložená ako príloha H.

5.2 Ovládanie osvetlenia

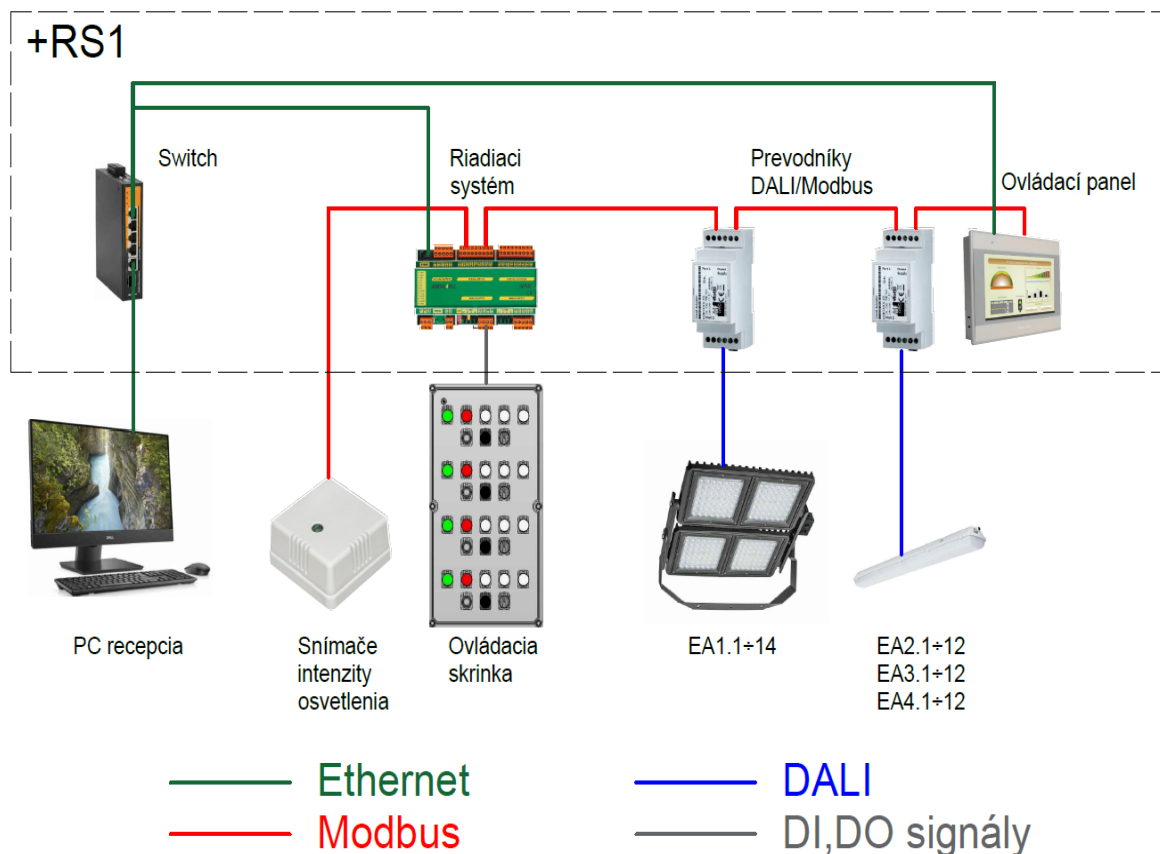
Novo navrhnuté osvetlenie bude ovládané z riadiaceho systému, ktorý bude osadený v rozvážači +RS1. Svietidlá budú s riadiacim systémom komunikovať po zbernici DALI. Keďže riadiaci systém nedisponuje komunikáciou po zbernici DALI, budú v rozvážači umiestnené prevodníky DALI/Modbus RTU. Po zbernici Modbus RTU budú takisto komunikovať aj snímače intenzity osvetlenia, ktoré budú umiestnené nad osvetľovanými plochami. Keďže do priestoru squashových kurtov a takisto do priestoru nafukovacej haly nedopadá žiadne priame denné svetlo, je možné osvetlenie ovládať s vysokou presnosťou. Podľa hodnoty zo snímača osvetlenia sa osvetľovacia sústava bude regulovať tak, aby splnila všetky normatívne požiadavky. Osvetlenie sa bude ovládať po skupinách. Pre riadenie osvetlenia bude slúžiť operátorský dotykový panel, ktorý bude osadený na dverách rozvážača. Tento panel umožňuje ovládanie pomocou vzdialenej plochy. Na stolnom počítači na recepcii bude zrealizovaná vzdialená plocha. Obsluha bude môcť vypnúť alebo zapnúť osvetlenie a nastaviť hodnotu podľa toho akú triedu má užívateľ zakúpenú.

Pre prípad že nebude funkčný stolný počítač na recepcii je navrhnutá riadiaca skrinka. Súčasťou riadiacej skrinky budú tlačítka na zapnutie, vypnutie a trojpolohový prepínač na určenie triedy osvetlenia. Ďalej budú v riadiacej skrinke inštalované signálky, ktoré budú signalizovať chod osvetlenia alebo jeho poruchu. Ďalšie 3 signálky budú slúžiť na zobrazenie hodnoty osvetlenia nad jednotlivými kurtami.

Osvetlenie v miestnosti bazéna bude ovládané vypínačmi pri vstupoch do miestnosti.

Riadiaci systém bude pripravený pre budúce rozšírenie o pridanie ďalších možností osvetlenia. Takisto bude možné zaviesť do riadiaceho systému ovládanie osvetlenia pre ďalšie miestnosti.

Zapojenie kabeláže pre ovládanie osvetlenia je zreteľné z viacpólovej schémy zapojenia rozvádzača +RS1, ktorá je prílohou H. Pre zoznam signálov do riadiaceho signálu som vypracoval zoznam dátových bodov, ktorý je priložený ako príloha G.



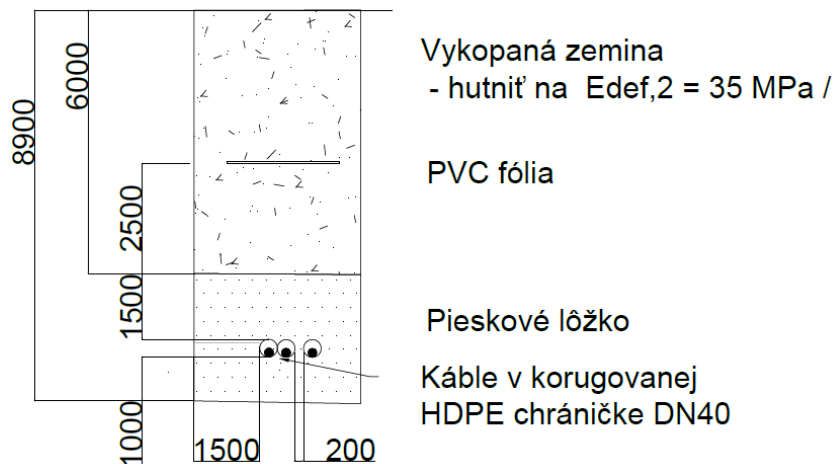
Obrázok 5.1: Topologická schéma ovládania

5.3 Káblové trasy

Ukladanie káblov je v súlade s ČSN 33 2000-5-52 ed.2 a pro pohyblivé privody ČSN 34 1090 ed.2 a ČSN 34 0350 ed.2 [17].

Pre silové káble v budove bude inštalovaný drôtený žľab veľkosti 50x50mm. Žľab bude viesť z rozvodne NN po chodbe pod priestor otvorenej galérie. V priestore galérie vystúpi káblová trasa až pod strop. Pod stropom bude trasa viesť pozdĺž squashových kurtov až ku vonkajšej stene budovy. Ku každému kurtu bude realizovaná odbočka pomocou plastových trubiek. Káble pre tenisový kurt budú pokračovať vonku mimo budovy. Káble zostúpia z výšky druhého poschodia pod úroveň terénu. Káble budú v zemi uložené v korugovanej chráničke DN40. Nad korugovanú chráničku sa umiestni červená fólia pre označenie trasy NN vedenia. Časť trasy bude pod chodníkom a časť bude vo voľnom teréne. Káble budú ukončené priamo vo svorkovnici v stĺpe, respektíve pre variantu 2 budú ukončené v rozvodnej krabici.

voľný terén



Obrázok 5.2: Rez uloženia káblov v zemi

Spolu so silovými káblovými trasami budú viesť trasy pre ovládacie káble. Vzďialenosť medzi silovými káblami a ovládacími káblami musí byť minimálne 200mm. Ovládacie káble budú uložené v samostatných plastových trubkách uchytených k stropu alebo k stene. Pre ethernetový kábel a káble pre ovládanie skrinku, ktoré sú umiestnené na recepcii bude trasa viesť z rozvodne NN až na druhé poschodie súbežne s trasou pre silové káble. Z galérie v 2.NP bude trasa viesť do priestoru recepcie. V podhl'ade povedie až do miesta obsluhy.

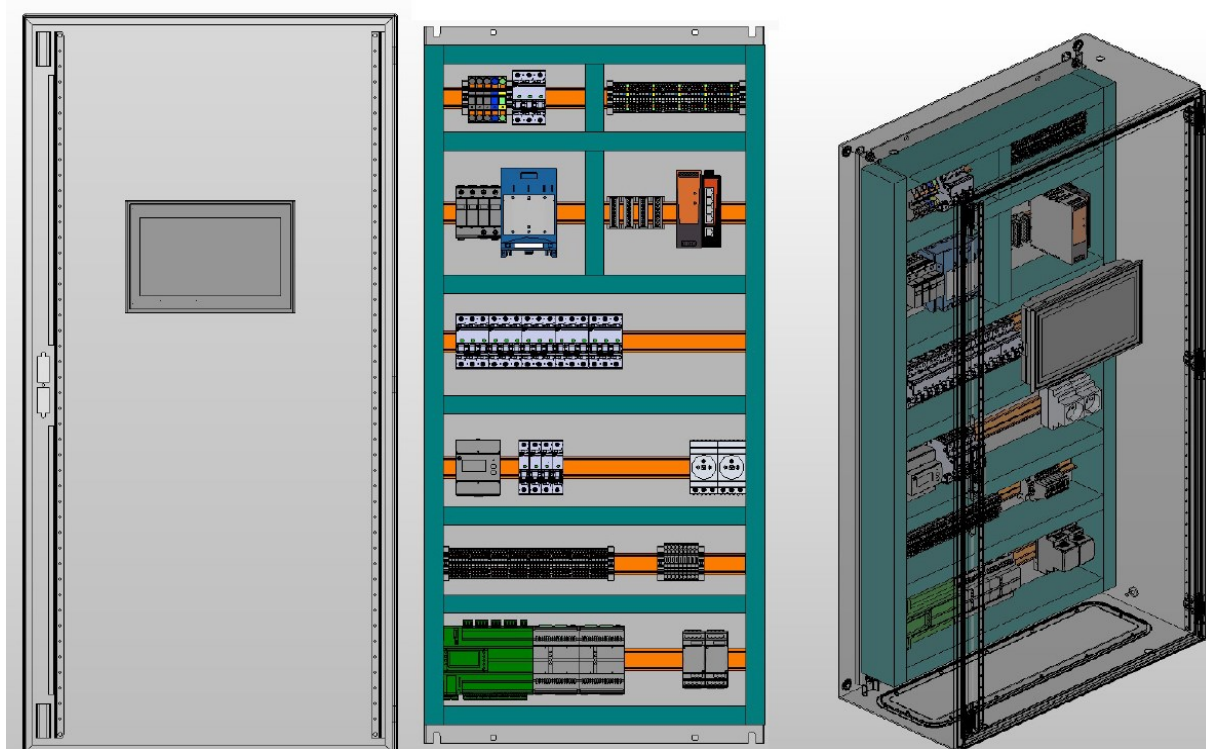
Vedenie káblových trás je naznačené v pôdorysoch 1.NP, 2.NP a v situácii. Tieto dokumenty sú priložené ako prílohy C, D a E. Pre jednoznačné určenie trás a dĺžok káblov som vypracoval zoznam káblov, ktorý je priložený ako príloha F.

5.4 Rozvádzač

V prvom podlaží objektu bude inštalovaný nový rozvádzač pre napájanie rekonštruovaných svetelných okruhových. Tento rozvádzač bude tvorený oceľoplechovou skriňou o rozmeroch 1200x600x260 (v x š x h) s krytím IP54/20 s montážnou doskou pre uchytenie prvkov.

V rozvádzači bude inštalovaný hlavný istič, elektromer pre meranie spotreby, riadiaci systém, prepäťová ochrana, istiace prvky, zdroj 24VDC, silové vývody a svorkovnice. Na dverách rozvádzača bude umiestnený dotykový ovládací panel. Vývody z rozvádzača budú zhora.

Pozícia rozvádzača je zobrazená v pôdoryse 1. NP, ktorý je priložený ako príloha D.



Obrázok 5.3: 3D návrh dispozície rovážača

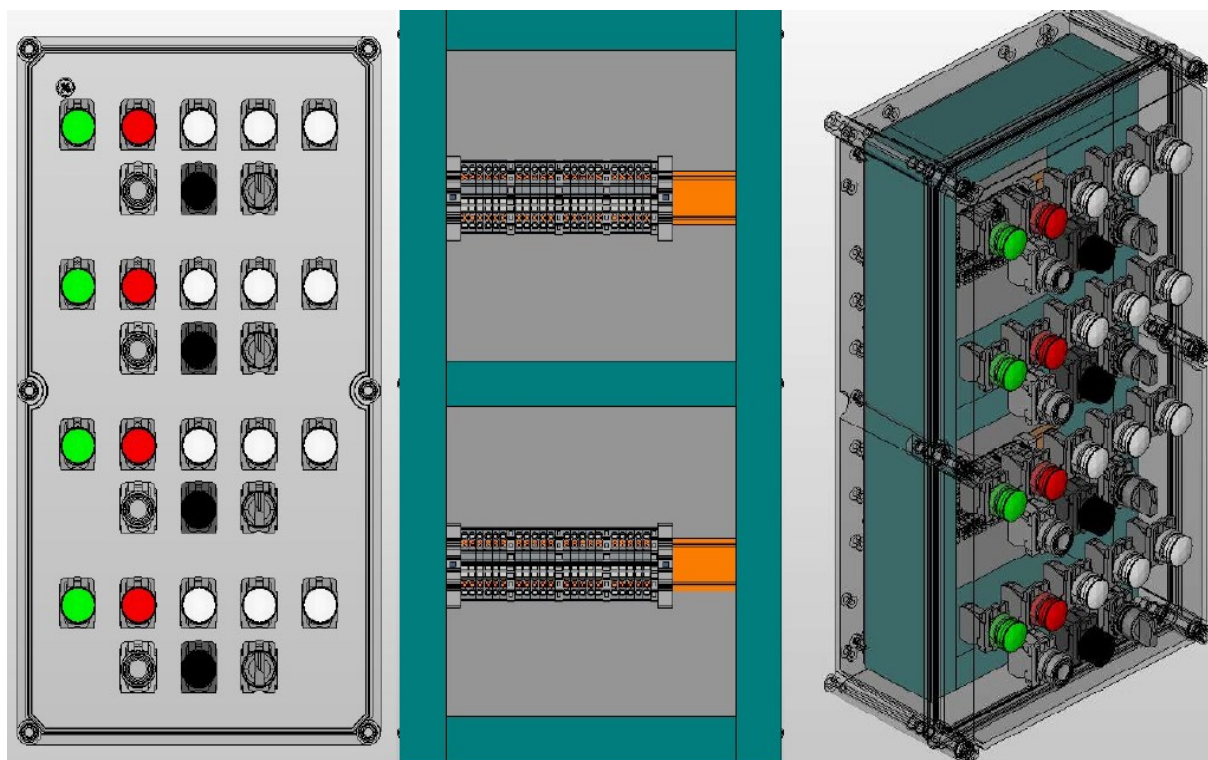
Ovládacia skrinka

Ovládacia skrinka bude slúžiť na riadenie osvetlenia pre prípad, keď bude znemožnené obsluhu riadiť osvetlenie zo stolného počítača umiestneného na recepcii objektu. Riadiaca skrinka je tvorená plastovou krabicou, v ktorej budú umiestnené svorky a na dvierkach skrinky budú umiestnené ovládacie prvky. Z ovládacej skrinky budú ovládané 4 svetelné okruhy. Každý svetelný okruh bude možné zo skrinky zapnúť, vypnúť alebo pomocou 3 polohového prepínača prepnúť osvetlenie na požadovanú hodnotu. Ďalej bude na dvierkach ovládacej skrinky osadených 5 signalizačných diód pre signalizovanie stavu osvetlenia. Jednotlivé signalizačné diódy budú signalizovať:

- Osvetlenie svietí
- porucha osvetlenia
- osvetlenosť kurtu 750 lx
- osvetlenosť kurtu 500 lx
- osvetlenosť kurtu 300 lx

Signály z tlačítok a signály do signáliek sú zavedené priamo do riadiaceho systému.

Kompletnú výzbroj rozvádzača a ovládacej skrinky je možné vidieť vo viacpólovej schéme zapojenia rozvádzača +RS1, ktorá je priložená ako príloha H. V tejto prílohe je zobrazená kompletná dispozícia rozvádzača a ovládacej skrinky navrhnutá v 3D. Podrobný zoznam komponentov rozvádzača a ovládacej skrinky je vypísaný v rozpočtoch pre variant 1 alebo 2, ktoré sú priložené ako príloha N, respektíve príloha O.

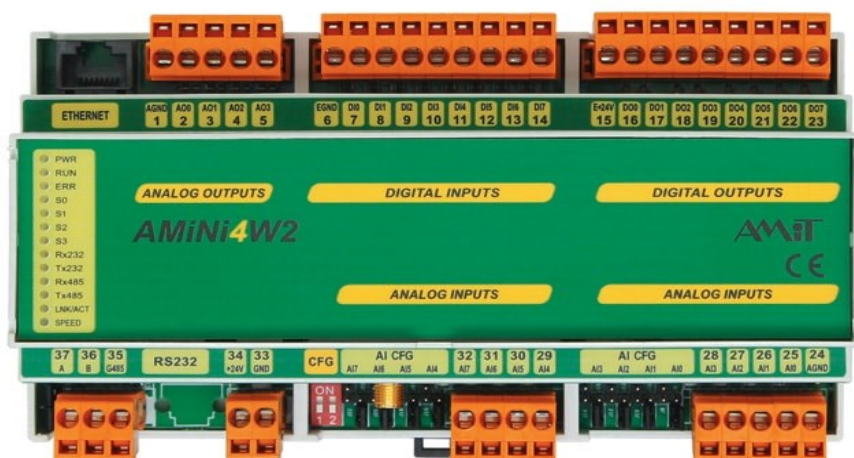


Obrázok 5.4: 3D návrh dispozície ovládacej skrinky

5.5 Použité komponenty

Riadiaci systém

Najuniverzálnejší malý voľne programovateľný automat, ktorý spĺňa všetky predpoklady pre komplexné autonómne riadenie a ovládanie malých sústav, strojov či zariadení, ktorý má zabudovaný webový server [16].



Obrázok 5.5: Riadiaci systém AMiNi4W2[16]

Univerzálnosť riadiaceho systému AMiNi4DW2 podtrhuje jednoduchá rozširiteľnosť o vzdialené vstupy/výstupy pomocou rozširujúcich modulov s protokolom MODBUS. V základnej konfigurácii je vybavený komunikačnými rozhraniami RS232, RS485 a Ethernet.

Tento riadiaci systém som vybral kvôli jeho nízkej cene. Ďalšia výhoda tohto riadiaceho systému je, že CPU obsahuje vstupy a výstupy a má viacero často používaných rozhraní. Riadiaci systém som rozšíril o jednu kartu s digitálnymi vstupmi a jednu kartu s digitálnymi výstupmi.

Ovládací panel

Inovovaný operátorský panel MT8071iE je panel s dotykovou obrazovkou TOUCH SCREEN od firmy Weintek.

Grafický operátorský panel EasyView ponúka farebnú obrazovku TFT s uhlopriečkou 7" s dotykovým ovládaním. Konfigurácia sa vyhotovuje pomocou software Easy Builder PRO [14]. Software je k dispozícii úplne zadarmo, čo bolo jeden z aspektov prečo som tento panel vybral. Ďalšou výhodou tohto výrobku je ovládanie pomocou vzdialenej plochy z iného zariadenia. Vizualizácia na ovládacom paneli bude ovládaná zo stolného počítača na recepcii. Ovládací panel a počítač budú prepojené pomocou ethernetového kábla.

- ARTEX A8 RISC procesor
- Izolované napájanie
- Sériové a USB 2.0 porty, Ethernet
- Konfiguračný software EasyBuilder PRO obsahuje plnohodnotnú online aj offline simuláciu na PC.
- Napájanie 24 VDC [17]



Obrázok 5.6: Ovládací panel Weintek Mt8071iE [17]

Snímač intenzity osvetlenia

Snímače sú určené pre snímanie intenzity osvetlenia interiéru. Typickým príkladom použitia je napríklad ovládanie nočného osvetlenia alebo ovládanie žalúzií v závislosti na intenzite okolitého osvetlenia. Namerané hodnoty sú vyhodnocované procesorom, ktorý namerané dáta vysiela nadradenému systému. Komunikácia je vedená po linke RS485 protokolom ARION. Adresa ovládača a komunikačná rýchlosť sa nastavuje DIP prepínačom. Vlastný snímač je zabudovaný v perforovanom kryte. Prevádzkovým podmienkam vyhovuje bežné chemicky neagresívne prostredie, kde snímače vyžadujú iba udržiavanie v čistote [18].



Obrázok 5.7: Snímač intenzity osvetlenia Regmet P20M [18]

Prevodník DALI/Modbus

Prevodník HD67842-B2 umožňuje prepojiť Modbus RTU s DALI sieťou. Prevodník sa ľahko konfiguruje vďaka softvéru SW67842.

- Porty: 1x DALI; 1x RS485
- Protokol DALI: DALI
- Protokol RS485: Modbus RTU Master
- Dátové rýchlosti DALI: 1200 bps
- Dátové rýchlosti Modbus: Až 115200 bps
- Konektor DALI: 2-cestný 5 mm svorkovnica
- Konektor Modbus: 3-cestný 5 mm svorkovnica
- Napájanie: 8 ... 24 VAC; 12 ... 35VDC
- Napájací konektor Konektor: 2-cestný 5 mm svorkovnica [19]



Obrázok 5.8: Prevodník Modbus RTU/DALI [19]

6 Zhodnotenie projektu

Od investora prišla požiadavka na výmenu osvetľovacích sústav za nové. Pri navrhovaní rekonštrukcie osvetlenia som vychádzal z požiadavku investora aby sa zvýšila priemerná osvetlenosť na kurtach. Meraním som zistil že súčasné osvetlenie nespĺňa normatívne požiadavky. Navrhol som také osvetlenie aby spĺňalo najvyššie požiadavky normy ČSN EN 12 193. To sa odrazilo aj na počiatkových nákladoch na osvetlenie. Navrhnuté osvetlenie využíva moderné LED žiarovky s technológiou ovládania DALI. Automatické riadenie osvetlenia zabezpečuje riadiaci systém od firmy AMiT. Ovládaním osvetlenia sa znížia náklady na energie.

6.1 Kvalitatívne parametre

Porovnanie súčasného osvetlenia s novým stavom je dôležité pre zobrazenie kvalitatívnych parametrov osvetlenia.

Vďaka LED svietidlám sa zníži energetická náročnosť sústavy pri zvýšení osvetlenosti priestoru s možnosťou riadenia osvetlenia. Aby bolo možné porovnať spotrebu osvetlenia pri rovnakých parametroch, prepočítal som spotrebu novej sústavy pri regulácii na hodnotu súčasnej sústavy.

Tabuľka 6.1: Porovnanie parametrov navrhovanej a súčasnej sústavy tenis

	variant 1	variant 2	súčasný
Svietidlá	LED reflektor 480 W 14ks	LED svietidlo 78W 52 ks	Žiarivkové svietidlo 2x58W 52ks
Počet	14 ks	52 ks	52ks
Riadenie	DALI	DALI	neriadené
Priemerná osvetlenosť (lx)	797	795	375
Rovnomernosť	0,76	0,72	0,19
Oslnenie	0	20,8	-
Spotreba prepočítaná na úroveň súčasného osvetlenia(kW)	3,15	1,91	4,48

Tabuľka 6.2: Porovnanie parametrov navrhovanej a súčasnej sústavy squash

	nové	súčasný
Svietidlá	LED svietidlo 97W	Žiarivkové svietidlo 2x58W
Počet	36 ks	45 ks
Riadenie	DALI	neriadené
Priemerná osvetlenosť (lx)	799	237
Rovnomernosť	0,82	0,72
Oslnenie	16,2	-
Spotreba prepočítaná na úroveň súčasného osvetlenia(kW)	1,16	2,25

6.2 Ekonomické náklady

Jak je vidno z predchádzajúcich kapitol, pri návrhu osvetlenia športového centra som používal výhradne LED svetelné zdroje. Svetidlá s LED zdrojmi sú síce drahšie oproti klasickým, ale výrobcovia uvádzajú životnosť LED svetelných zdrojov 50 000h. Pokiaľ to porovnáme napríklad s lineárnou žiarovkou, pri ktorej výrobcovia uvádzajú životnosť 20 000h, LED technológia má jednoznačne navrch. Keďže je športové centrum kotelná otvorené každý deň od 8:00 do 22:00, tak sú osvetľovacie sústavy v chode značnú časť roka. Čím viac svetidlá v roku svietia tým je návratnosť LED technológie väčšia.

Tenisový kurt

Do priestoru tenisového kurtu nedopadá žiadne priame denné svetlo. Do priestoru sa však dostáva denné svetlo prestupom cez nafukovaciu halu a je distribuované pomocou difúzneho odrazu rovnomerne do priestoru. Denné osvetlenie môže zvýšiť úroveň osvetlenia v hale. Samotné denné svetlo dopadajúce do priestoru haly je však nedostatočné a tak musí byť v chode aj súčasná svetelná sústava. Novo navrhnutá sústava sa bude regulovať na požadovanú úroveň osvetlenia pomocou informácií zo snímača osvetlenia čo zvýši spotrebu energie. O akú úroveň zvýši denné osvetlenie je možné len odhadovať a tak som s touto úsporou do návratnosti nerátal, takže skutočná úspora oproti zrátanej bude ešte vyššia. Nafukovacia hala je postavená nad tenisovým kurtom 6 mesiacov v roku. Priemerne sa osvetľovacia sústava používa 8 hodín denne. Za rok zo je 1440 hodín.

Tabuľka 6.3: Energetické náklady osvetlenia tenis variant 1

	Prikon [kW]	Spotreba p.a. [kWh]	Náklady (4,5kč/kWh)	Náklady za 20 rokov
Súčasná sústava	4,48	6 451	29 030,00 Kč	580 608,00 Kč
Navrhovaná sústava	3,15	4 536	20 412,00 Kč	408 240,00 Kč
Úspora elektrickej energie za časové obdobie 20 rokov				172 368,00 Kč

Tabuľka 6.4: Energetické náklady osvetlenia tenis variant 2

	Prikon [kW]	Spotreba p.a. [kWh]	Náklady (4,5kč/kWh)	Náklady za 20 rokov
Súčasná sústava	4,48	6 451	29 030,00 Kč	580 608,00 Kč
Navrhovaná sústava	1,9	2 736	12 312,00 Kč	246 240,00 Kč
Úspora elektrickej energie za časové obdobie 20 rokov				334 368,00 Kč

Úspora elektrickej energie je prepočítaná za predpokladu že by sústava svietila podľa osvetlenosti stávajúcej, čo by stačilo pre triedu osvetlenia 3. Ak má byť dodržaná zrátaná úspora, musel by investor cenovo rozlíšiť úroveň osvetlenosti na úroveň osvetlenosti podľa tried I, II a III.

Squashové kurty

Do priestoru nedopadá žiadne denné svetlo, takže osvetlenie priestoru zabezpečuje len umelé osvetlenie. Predpokladanú dobu svietenia som určil na 8 hodín denne po dobu celého roka. To znamená že osvetľovacia sústava je v chode 2920 hodín za rok.

Tabuľka 6.5: Energetické náklady osvetlenia squash

	Príkon [kW]	Spotreba p.a. [kWh]	Náklady (4,5kč/kWh)	Náklady za 20 rokov
Súčasná sústava	6,75	19 710	88 695,00 Kč	1 773 900,00 Kč
Navrhovaná sústava	0,96	2 803	12 614,00 Kč	252 280,00 Kč
Úspora elektrickej energie za časové obdobie 20 rokov				1 521 620,00 Kč

Úspora elektrickej energie je prepočítaná za predpokladu že by sústava svietila podľa osvetlenosti stávajúcej, čo by stačilo pre triedu osvetlenia 3. Ak má byť dodržaná zrátaná úspora, musel by investor cenovo rozlíšiť úroveň osvetlenosti na úroveň osvetlenosti podľa tried I, II a III.

6.2.1 Rozpočet

Pri vypracovávaní rozpočtu som sa snažil určiť počiatočné náklady čo najpresnejšie. Vypracovával som dve varianty rozpočtu. Rozvádzač je navrhnutý tak, že pre obe varianty je totožná výzbroj rozvádzača, takže varianty sa líšia počtom a typom svietidiel pre tenisový kurt a prvkami potrebnými pre montáž svietidiel. Rozpočet je rozdelený do 6 častí.

Kompletné rozpočty sú prílohou dokumentáciu. Rozpočet pre variant 1 je označený ako príloha N. Rozpočet pre variant 2 je označený ako príloha O.

Tabuľka 6.6: Rozpočet s variantom 1

Položka	Názov	Celkom
1	Rozvádzače a skrinky	151 005 Kč
2	Káble	176 475 Kč
3	Montážny materiál, zariadenia	922 929 Kč
4	Software	125 400 Kč
5	Zemné práce	247 000 Kč
6	Ostatné	17 000 Kč
	CELKOM bez DPH	1 640 995 Kč

Tabuľka 6.7: Rozpočet s variantom 2

Položka	Názov	Celkom
1	Rozvádzače a skrinky	151 005 Kč
2	Káble	176 475 Kč
3	Montážny materiál, zariadenia	532 589 Kč
4	Software	128 300 Kč
5	Zemné práce	247 000 Kč
6	Ostatné	17 000 Kč
	CELKOM bez DPH	1 253 554 Kč

6.3 Návratnosť

Pri určení návratnosti investície za rekonštrukciu osvetlenia som vychádzal z nameraných hodnôt spotreby súčasných osvetľovacích sústav a z údajov od výrobcov použitých svietidiel. Dôvodom dlhšej doby návratnosti investície je niekoľkonásobné zvýšenie priemernej hodnoty osvetlenia a takisto možnosť ovládať osvetlenie podľa variant.

Pri rátaní návratnosti investície som určil cenu za kwh na 4,50 Kč, čo zodpovedá priemeru v regióne, v ktorom sa športové centrum nachádza. V dobe návratnosti som vyrátal za akú dlhú dobu sa vráti celá investícia na úsporách za energie.

Do úvahy treba ale brať aj fakt, že sa zvýši úroveň osvetlenia a pridá sa možnosť riadenia. Riadenie je v projekte nastavené tak, aby sa osvetlenie regulovalo na 3 prednastavené hodnoty. Ak prax ukáže že treba osvetlenie regulovať v iných intervaloch je to možné zariadiť nastavením softwaru.

Návratnosť som vypracovával pre obe varianty. Tým že pre variantu 2 sú navrhnuté lacnejšie svietidlá a nie je nutná pomocná konštrukcia pre ich uchytenie, tak je celková cena oproti variante 1 o 388 000 Kč nižšia. Variant 2 má taktiež nižšie náklady na prevádzku osvetľovacej sústavy.

Tabuľka 6.8: Návratnosť s variantom 1

Počiatočné náklady na nové osvetlenie	1 640 994 Kč
Ročná energetická úspora	84 699 Kč
Návratnosť	19 rokov
Ceny sú uvedené bez DPH	

V tabuľkách môžeme vidieť že kombinácia nižšej ceny a vyšších úspor pri variante 2 vyústila do toho, že rozdiel je až 5 rokov. Je na investorovi pre ktorú variantu sa rozhodne. Variant 1 je lepšia z pohľadu komfortu športovcov pri tréningu či zápase, variant 2 je zase ekonomicky lepšia a návratnosť je o tretinu rýchlejšia.

Tabuľka 6.9: Návratnosť s variantom 2

Počiatočné náklady na nové osvetlenie	1 252 369 Kč
Ročná energetická úspora	120 995 Kč
Návratnosť	13 rokov
Ceny sú uvedené bez DPH	

7 Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo navrhnúť kompletný projekt pre rekonštrukciu osvetlenia v športovom centre Kotelna vo Frýdlante nad Ostravicí. Samotnému vypracovávaniu projektu predchádzalo stretnutie s investorom na mieste kde sme si dohodli, v ktorých priestoroch je nutná rekonštrukcia osvetlenia. Jedna z požiadaviek investora bola, aby sa zvýšila miera osvetlenosti rekonštruovaných priestorov. Z tohto dôvodu sme uskutočnili meranie súčasnej osvetľovacej sústavy. Bolo to moje prvé meranie osvetľovacej sústavy a bolo pre mňa veľmi poučné.

Po zmeraní a vyhodnotení súčasných sústav som zistil že súčasné osvetlenie nespĺňa normatívne požiadavky pre osvetľovanie športovísk až na jeden prípad. Normatívne požiadavky by splnilo len stredný squashový kurt a to len v tom prípade, ak by boli rozsvietené osvetľovacie sústavy nad všetkými kurtami. Takéto osvetľovanie by však bolo veľmi ekonomicky nevýhodné.

V ďalšom kroku som vypracoval svetelne-technický návrh pre vybrané priestory. Pre tenisový kurt som vypracoval dve varianty s tým že jedna je drahšia, pretože sa jedná o princíp osvetľovania plochy odrazovým svetlom. Na takýto spôsob je nutné presvetliť strop, ktorý potom rovnomerne osvetlí hraciu plochu kurtu. Veľkou výhodou takéhoto spôsobu osvetľovania je eliminácia oslnenia športovca. Pri návrhu varianty 1 bolo veľmi dôležité nájsť asymetrické svietidlo s vysokým príkonom. Výpočty pre všetky priestory som vypracovával v programe WILS 7. Pri exporte projektov som narazil na problém, že obrázky veľkosti A4 sa exportujú v nedostatočnej kvalite. Tento problém som riešil priamo s tvorcami programu, ktorý na môj podnet pridali do možností exportu zvýšiť kvalitu obrázku nastavením DPI (počet pixelov na palec).

Pre vypracovanie projektovej dokumentácie som používal program EPLAN P8 v ktorom som naprojektoval nový rozvádzač osvetlenia +RS1. Koncepcia riadenia osvetlenia je založená na riadiacom systéme, ktorý komunikuje so svietidlami po zbernici DALI. Navrhnutý riadiaci systém však nedisponuje komunikáciou DALI a tak sú v rozvádzači umiestnené prevodníky Modbus/DALI. Súčasťou príloh je kompletná projektová dokumentácia ktorá obsahuje technickú správu, situáciu areálu, pôdorys 1. a 2.NP, zoznam káblov, zoznam dátových bodov, svetelné návrhy jednotlivých priestorov a rozpočet. Riadiaci systém je možné do budúcnosti rozšíriť o ďalšie technológie, ktoré by mohli byť riadené. Súčinnosťou riadenia viacerých technológií vytvorí priestor pre väčšie energetické úspory a zvýši sa komfort návštevníkov športového centra. Takisto sa zjednoduší a zautomatizuje ovládanie všetkých technológií pre chod centra.

Po zrealizovaní projektu by bolo možné vykonať na mieste kontrolné meranie pre overenie vypočítaných hodnôt. Po realizácii by sa mala vypracovať dokumentácia skutočného stavu, tak aby boli v dokumentácii zakreslené všetky zmeny, ktoré vzniknú pri realizácii z rôznych dôvodov.

Zoznam použitej literatúry

- [1] ČSN EN 12193.2019. *Svetlo a osvetlenie – Osvetlenie športovísk*. Praha: ÚNMZ.
- [2] International illuminance services, ITF tennis guide, [online]. [cit. 2020-03-25].
Dostupné z: <http://i-i-s.eu/services-view/itf-tennis-guide/>
- [3] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011.
ISBN 978-80-01-04941-9.
- [4] ČSN EN 12461-1. 2012. *Svetlo a osvetlení - Osvetlenie pracovných priestorov – Časť 1: Vnútorne pracovné priestory*. Praha: ÚNMZ.
- [5] HABEL, Jiří. *Světelná technika a osvětlování*. Praha: FCC Public, 1995. ISBN 80-901985-0-3.
- [6] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3
- [7] Vplyv znečistenia optických častí svietidiel na zmeny ich fotometrických parametrov, [online]. [cit. 2020-04-30].
Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/vplyv-znecistenia-optickych-casti-svietidiel-na-zmeny-ich-fotometrickych-parametrov--15250>
- [8] ATP, Journal. *Inteligencia v riadení osvetlenia budov* [online]. 24.3.2006 [cit. 2020-03-12].
Dostupné z: <https://www.atpjournal.sk/buxus/docs/atp-2006-03-24.pdf>
- [9] DALI, IEC 62386 - the international standard for DALI technology [online]. [cit. 2020-04-12].
Dostupné z: <https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/standards.html>
- [10] REAL TIME AUTOMATION, MODBUS RTU [online]. [cit. 2020-03-16].
Dostupné z: <https://www.rtautomation.com/technologies/modbus-rtu/>
- [11] WideBand, Introduction to ethernet technologies [online]. [cit. 2020-04-01].
Dostupné z: <https://www.wband.com/2013/05/introduction-to-ethernet-technologies/>
- [13] TREVOS, Svítidlo FUTURA ES, [online]. [cit. 2020-04-18].
Dostupné z: <https://trevos.eu/cz/katalog/FUTURA/FUTURA-ES>
- [14] CLUCE, MATCH, [online]. [cit. 2020-04-18].
Dostupné z: <https://www.cluce.it/en/products/match/>
- [15] MODUS, řada svítidel LAB, [online]. [cit. 2020-04-18].
Dostupné z: <https://www.modus.cz/modus-lab/>
- [16] ČSN EN 33 2000-4-41 ed.2 *Elektrické inštalácie nízkeho napätia - Časť 4-41: Ochranné opatrenia pre zaistenie bezpečnosti - Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom* Praha: ÚNMZ, 2007

- [16] ČSN 33 2000–5–52ed.2 *Elektrické inštalácie nízkeho napätia – Elektrické vedenia*. Praha: ÚNMZ, 2007
- [16] AMiT, řídicí systém AMiNi4W2, [online]. [cit. 2020-04-18].
Dostupné z: <https://amitomation.cz/produkt/ridici-systemy/amini4w2g/>
- [17] Weintek, Grafické panely Weintek řady iP, [online]. [cit. 2020-04-23].
Dostupné z: https://www.weintek.cz/prod_panely_weintek_ip.php
- [18] Regmet, snímače intenzity osvětlení [online]. [cit. 2020-04-30].
Dostupné z: <https://www.regmet.cz/katalog/snimace-intenzity-osvetleni>
- [19] Adfweb, DALI/Modbus converter, [online]. [cit. 2020-04-30].
Dostupné z: http://www.adfweb.com/download/filefold/MN67842_ENG.pdf
- [20] SABBA, About led lighting, [online]. [cit. 2020-05-02].
Dostupné z: <http://sabba.com/about-led-lighting/>

Zoznam príloh

Príloha	Popis prílohy	Počet strán
Príloha A	Zoznam dokumentácie	2 x A4
Príloha B	Technická správa	8 x A4
Príloha C	Situácia	1 x A0
Príloha D	Pôdorys 1.NP	1 x A2
Príloha E	Pôdorys 2.NP	1 x A2
Príloha F	Zoznam káblov	3 x A4
Príloha G	Zoznam dátových bodov	6 x A4
Príloha H	Viacpólové schéma zapojenia rozvádzača +RS1	37 x A4
Príloha CH	Protokol merania osvetlenia	9 x A4
Príloha I	Svetelne technický pre squashový kurt	19 x A4
Príloha J	Svetelne-technický návrh pre tenisový kurt variant 1	12 x A4
Príloha K	Svetelne-technický návrh pre tenisový kurt variant 2	10 x A4
Príloha L	Porovnanie variant 1 a 2	2 x A4
Príloha M	Svetelne-technický návrh pre bazén	9 x A4
Príloha N	Rozpočet s variantom 1	5 x A4
Príloha O	Rozpočet s variantom 2	5 x A4
Príloha P	Katalógové listy použitých komponentov	27 x A4